

DE ROL VAN DE MOSSEL EN DE MOSSELCULTUUR IN HET ECOSYSTEEM
VAN DE WADDENZEE

N. Dankers, K. Koelemaij & J. Zegers

RIN-rapport 89/9

508866

Rijksinstituut voor Natuurbeheer

Texel

1989

RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
VESTIGING TEXEL
Postbus 59, 1790 AB Den Burg
Texel, Holland

BIBLIOTHEEK
RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
POSTBUS 9201
6800 HB ARNHEM-NEDERLAND

RECEIVED
1989 JUN 14
/T

INHOUD

VOORWOORD

1	INLEIDING	6
2	DE MOSSELCULTUUR	8
	2.1 Beschrijving van de werkwijze	8
	2.2 Percelen	10
	2.2.1 Historische situatie	10
	2.2.2 Huidige situatie	10
3	HET VOORKOMEN EN DE BIOMASSA VAN DE MOSSEL	16
	3.1 Algemeen	16
	3.2 Schattingen van de biomassa in het verleden	16
	3.3 Recente schattingen van de biomassa	18
	3.3.1 Droogvallende mosselbanken	18
	3.3.2 Sublitorale banken	21
	3.3.3 Percelen	22
	3.4 Fluctuaties	24
	3.5 Samenvatting	27
4	DE GROEI VAN DE MOSSEL	28
5	HET VOEDSEL VAN DE MOSSEL	36
	5.1 Koolstofbalansen van de westelijke Waddenzee	36
	5.2 Factoren die de beschikbaarheid van voedsel voor het zoöbenthos bepalen	38
	5.3 De voedselopname van de mosselen in de westelijke Waddenzee	40
6	DE INVLOED VAN MOSSELEN OP HET ESTUARIENE ECOSYSTEEM	45
	6.1 Invloed op de slib- en nutriëntenhuishouding	45
	6.2 Invloed op de hoeveelheid fytoplankton	46

7	SPECIFIEKE EFFECTEN VAN DE MOSSELCULTUUR	52
	7.1 Zaadvisserij	52
	7.2 Percelen met hoge biomassa	56
	7.3 Effecten op de opslibbing van de Waddenzee	56
	7.4 Activiteiten	58
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	59
9	DANKWOORD	62
	LITERATUUR	63

VOORWOORD

De opbrengst van de mosselcultuur in de Waddenzee vertoont o.a. door weersomstandigheden grote schommelingen tussen verschillende jaren. De mosselbedrijven zijn uit bedrijfseconomische overwegingen gebaat bij een stabiele opbrengst. Daarom wordt regelmatig voorgesteld om relatief onstabiele percelen in de naar verhouding weinig beschutte westelijke Waddenzee om te ruilen voor meer stabiele percelen in de veel meer beschut liggende oostelijke Waddenzee. Omdat de oostelijke Waddenzee een relatief ongestoord milieu is, is er, zowel nationaal als internationaal, verzet tegen het vestigen van mosselcultuur in deze gebieden.

Bij discussies en bij het nemen van beslissingen over deze materie blijkt dat maar weinig informatie over de rol van de mossel en mosselcultuur in het ecosysteem aanwezig is. In de huidige rapportage is de beschikbare informatie uit de literatuur en het onderzoek van RIN en anderen in de afgelopen jaren op een rijtje gezet.

Het blijkt dat door mosselcultuur zodanig hoge dichtheden mosselen voor kunnen komen dat een groot gedeelte van het beschikbare voedsel door de mosselen gebruikt wordt. In het najaar kunnen voedseltekorten optreden. Maar een klein gedeelte van het benodigde zaad wordt opgevist van droogvallende banken. Toch worden nagenoeg alle wilde banken aangetast. Dit is niet in overeenstemming met de Planologische Kernbeslissing Waddenzee.

Uit de rapportage blijkt ook duidelijk dat op veel fronten onze kennis nog ontoereikend is. Voortzetting van het onderzoek in het veld en in kunstmatige ecosystemen en ontwikkeling van mathematische modellen verdienen een hoge prioriteit.

De directie

1 INLEIDING

Uit onderzoek van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) is gebleken dat de mossel qua biomassa het belangrijkste organisme in de westelijke Waddenzee is (Beukema 1976, Dekker 1987). Uit dat onderzoek bleek dat in de bij laagwater droogvallende gebieden 23% van de biomassa van de bodemdieren uit mosselen bestond en in het gebied beneden de laagwaterlijn zelfs 67%.

Deze situatie is ten dele toe te schrijven aan de mosselcultuur. In het begin van deze eeuw was er mosselkweek, maar deze is later weer verdwenen. Sinds 1949, toen Zeeuwse mosselkwekers door het optreden van de mosselparasiet Mytilicola intestinalis gedwongen waren hun kweekareaal uit te breiden, zijn in de westelijke en oostelijke Waddenzee mosselpercelen aangelegd. Tevens nam de vraag naar mosselen toe, en verdwenen door afsluiting van o.a. Veerse Gat, Grevelingen en Krammer percelen in het Deltagebied. De percelen in de Waddenzee liggen nu nog uitsluitend in het westelijke deel en beslaan een oppervlakte van ca. 70 km², waarop ca. 80 mosselkwekers actief zijn. De jaarlijkse mosselproductie in de Waddenzee fluctueert sterk, onder andere onder invloed van klimaatfactoren, en bedraagt 30-120 miljoen kg per jaar.

Naar aanleiding van plannen om nieuwe mosselpercelen ook in het oostelijke deel van de Waddenzee aan te leggen, werd het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN) in 1983 door de toenmalige Consulente Natuurbehoud bij het Staatsbosbeheer in de provincie Groningen verzocht te rapporteren over de effecten van de mosselcultuur op het ecosysteem van de Waddenzee.

Deze vraag is te veelomvattend om op korte termijn te beantwoorden. Hiervoor zou een zeer grote - en voor het RIN te grote - onderzoekinzet noodzakelijk zijn. De relatie tussen mosselcultuur en het ecosysteem wordt echter ook uitgebreid bestudeerd in het Deltagebied door het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, de Dienst Getijdewateren van de Rijkswaterstaat, het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek en het Waterloopkundig Laboratorium. Veel van de resultaten die in de Delta verkregen worden, kunnen vertaald worden naar de Waddenzee.

Om een idee te krijgen van de problematiek in de Waddenzee werd het belangrijker geacht informatie te verzamelen die een totaal beeld geeft, dan zeer specifiek ingreep-effectonderzoek te doen. Dit detailonderzoek zou wellicht enkele directe vragen kunnen beantwoorden, maar door het ontbreken van een totaal overzicht zouden gefundeerde beleidsbeslissingen niet genomen kunnen worden.

Een aantal effecten die direct met de mosselcultuur samenhangen, is beschreven in hoofdstuk 7. Omdat het belangrijkste effect van de mosselen (zowel natuurlijk voorkomende als gekweekte) op het ecosysteem direct in verband lijkt te staan met de hoeveelheid voedsel die geconsumeerd wordt, is besloten daaraan bij het RIN-onderzoek de meeste aandacht te geven.

Hiervoor was het in eerste instantie noodzakelijk tot een zo goed mogelijke schatting van de mosselbiomassa te komen. Vervolgens moet bepaald worden hoeveel voedsel die biomassa uit het water filtreert. Door het meten van de groei op percelen en wilde banken werd vervolgens beoordeeld of er aanwijzingen waren voor een tekort aan voedsel. De beschikbare informatie kan worden ingebracht in een mathematisch model van de westelijke Waddenzee, maar dat model is helaas nog niet ver genoeg ontwikkeld om gebruikt te worden bij de vraag wat de effecten zullen zijn van meer of minder mosselen in de Waddenzee. De komende jaren zal het model op een aantal punten worden verbeterd.

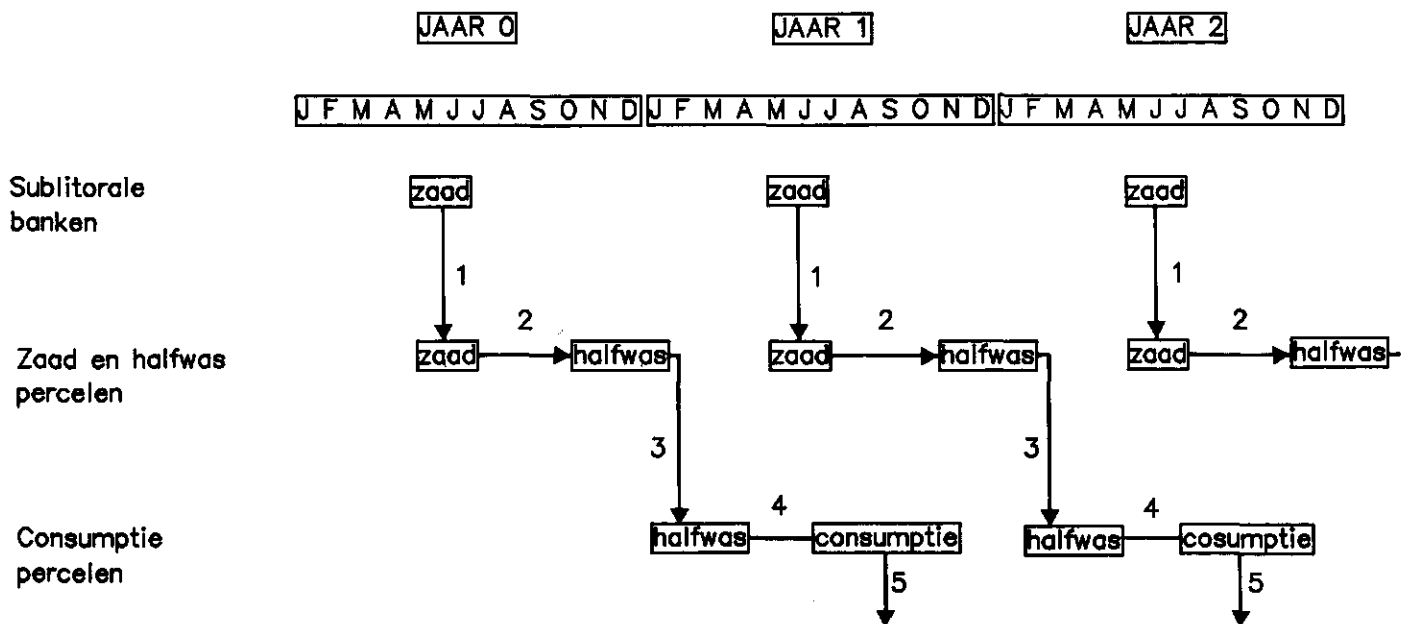
2 DE MOSSELCULTUUR

2.1 Beschrijving van de werkwijze

De Nederlandse mosselcultuur is na de Spaanse de belangrijkste in Europa. In Spanje wordt vooral hangcultuur bedreven, maar in Nederland een bodemcultuur welke in hoge mate is gemechaniseerd. Om tot de aflevering van zijn produkt te komen, zal de mosselkweker een aantal opeenvolgende handelingen dienen te verrichten.

In het late voorjaar is er voor de mosselkwekers een aantal weken de gelegenheid voor het opvissen van mosselzaad. Ook in het najaar mag er een aantal dagen gevist worden. Deze zaadvisserij vindt plaats op zowel droogvallende als altijd onder water liggende natuurlijke mosselbanken. Veelal wordt zaad van droogvallende banken geprefereerd omdat dit een dikkere schelp heeft en daardoor sterker is. De opgeviste zaadmosseltjes hebben een lengte van ongeveer 20 mm; het is de zaadval van de zomer van het voorgaande jaar. Ook worden wel mosselen van 40-45 mm opgevist (halfwas) en sporadisch mosselen die de consumptiemaat hebben bereikt. Het mosselzaad wordt vervolgens uitgezaaid op de kweekpercelen; deze zijn afgebakend en worden van de Staat gehuurd. Op de percelen groeit het zaad tot het najaar van hetzelfde jaar tot een lengte van 40-45 mm. Men spreekt dan van halfwasmosselen. Dikwijls worden deze mosselen in het najaar of de winter nogmaals opgevist en verplaatst naar de zogenaamde consumptiepercelen. Na een mindere groei gedurende de winter, maken de mosselen vanaf april nog een groeiperiode door, en bereiken dan de consumptiemaat van 55-60 mm. De mosselen worden dan vanaf juli tot in de winter opgevist, naar Yerseke verscheept en aldaar geveild. Vervolgens worden ze op de verwater- en opslagpercelen in de Oosterschelde gestort. Hierna vindt verwerking en transport plaats.

Uit het bovenstaande blijkt dat mosselen in $2\frac{1}{2}$ jaar tijd kunnen uitgroeien tot consumptiemaat; gedurende ruim $1\frac{1}{2}$ jaar liggen ze op de percelen. Schematisch kan het cultuurproces als volgt worden weergegeven:



- 1-Zaadvisserij en het storten van zaad op de halfwas percelen
- 2-Groei op de halfwas percelen van mei tot en met augustus
- 3-Leegvissen van de halfwas percelen en halfwas storten op de consumptie percelen
- 4-Groei op de consumptie percelen van april tot en met augustus
- 5-Leegvissen van de consumptie percelen en aanvoer in Yerseke

Naast de bovengeschetste gang van zaken zal de mosselkweker nog een aantal handelingen moeten verrichten om een goed verloop van de cultuur te bewerkstelligen.

Zeesterren (*Asterias rubens*) kunnen soms in enorme hoeveelheden op de percelen voorkomen en hier grote schade aanrichten. Ze worden weggevisst met een speciale kor voorzien van een houten rol, of mosselen en zeesterren worden opgevisst en met zout behandeld, waarna de laatste dood gaan.

Voorts kan afhankelijk van de hoeveelheid opgebracht zaad en de heersende omstandigheden de dichtheid van de mosselen op de percelen te hoog worden. De groei zal dan afnemen en de mosselkweker dient de mosselen over een groter oppervlak te verspreiden. Over het algemeen wordt als maximale dichtheid ongeveer 8 kg mosselen per vierkante meter aangehouden.

Een te grote hoeveelheid door mosselen zelf afgezet slib kan eveneens nadelig zijn voor de groei en dient verwijderd te worden (opgewerveld en door getijstroom afgevoerd). Dit geschiedt in ieder geval na het leegvissen van de percelen.

Hoewel de mosselkweker door het bestrijden van predatoren en het reguleren van de mosseldichtheid invloed kan uitoefenen op het eindresul-

taat van de cultuur, blijft dit voor het grootste deel afhankelijk van de heersende natuurlijke omstandigheden, waaronder de beschikbaarheid van voedsel en de invloed van stormen. In feite kan men dan ook slechts van een semi-cultuur spreken. Bovendien kunnen ten gevolge van voorjaars- of winterstormen grote delen van de potentiële oogst verloren gaan. Dit is waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak van de nogal fluctuerende mossel-opbrengsten uit de Waddenzee ($30-120 \times 10^6$ kg). Het opvissen van voldoende mosselzaad levert de laatste jaren geen problemen op.

2.2 Percelen

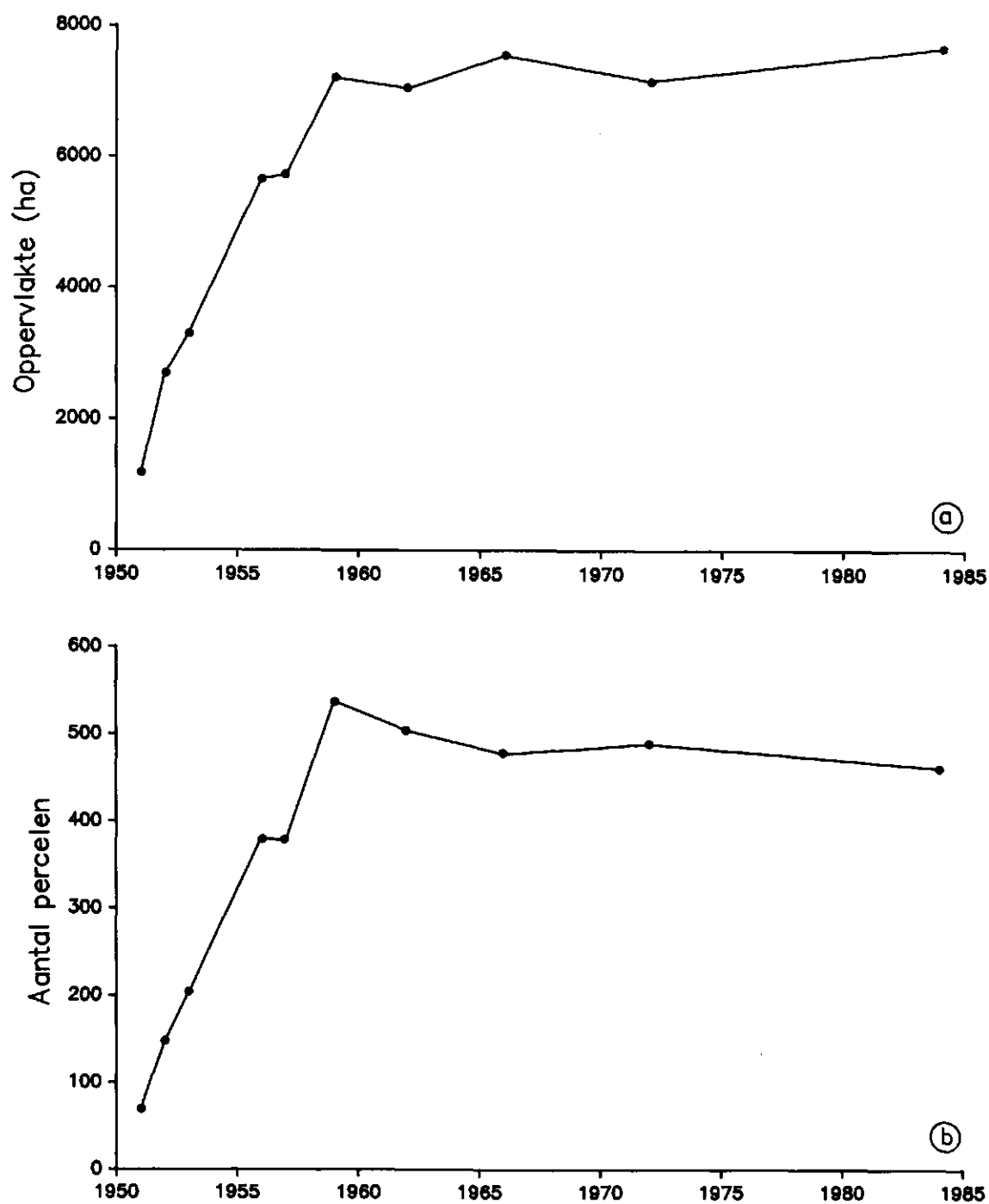
2.2.1 Historische situatie

De mosselcultuur is van oorsprong een Zeeuwse aangelegenheid. Weliswaar is er in het begin van deze eeuw sprake geweest van mosselkweek en uitgifte van percelen in de Waddenzee, maar dit is nooit van grote betekenis geweest en is later weer verdwenen. Sinds 1949, toen Zeeuwse mosselkwekers door het optreden van de mosselparasiet Mytilicola intestinalis gedwongen waren hun kweekareaal uit te breiden, zijn in de Waddenzee weer mosselpercelen aangelegd. In het begin van de jaren vijftig was ongeveer 1000 ha percelen afgebakend. In tien jaar tijd nam dit toe tot ongeveer 7000 ha. Deze oppervlakte is tot op heden constant gebleven. Figuur 2.1 geeft het verloop van aantallen en totale oppervlakten van de percelen over de periode van 1950 tot 1985.

2.2.2 Huidige situatie

Het kaartje in figuur 2.2 laat zien waar thans de mosselpercelen zijn gelegen. Het gebied beperkt zich tot de westelijke Waddenzee, dat wil zeggen ten westen van het wantij van Terschelling.

Uit opgaven van de Directie van de Visserijen blijkt dat van het totale afgebakende oppervlak van 7000 ha slechts 3649 ha produktiewaarde heeft. Naar de wijze waarop een kweker van de percelen gebruikt maakt, kunnen ze worden onderscheiden. Van consumptiepercelen worden marktwaardige mosselen geoogst, dikwijls zijn ze er als halfwas opgebracht. Op deze percelen dient de mossel goed te groeien, en bovendien moet het risico van stormschade niet groot zijn. Op de halfwaspercelen wordt mosselzaad gezaaid en groeit daar uit tot halfwas. Op de zaadpercelen is de groei doorgaans slecht, het mosselzaad blijft er lang klein. Dit stelt de mosselkweker in staat gedurende langere tijd over mosselzaad te beschikken.



Figuur 2.1. Verloop van (boven) totaal oppervlakte en (onder) aantal van de bebakende mosselpercelen in de Waddenzee vanaf 1950 (gegevens Directie van de Visserijen; uitgewerkt door H.W. van der Veer, NIOZ).



Figuur 2.2. Mosselpercelen in de Waddenzee.

Door de opzieners van de visserijen worden de verhuurde percelen ingedeeld in klassen. Deze indeling is gebaseerd op de gemiddelde opbrengst van een aantal jaren. Hoewel de groeiomstandigheden op de percelen van belang zijn op de mogelijke opbrengst, is het stormrisico waarschijnlijk de belangrijkste factor die de opbrengst bepaalt. In tabel 2.1 worden de verschillende percelen, gemiddelde opbrengst en oppervlakte gegeven. Een uitwerking voor de verschillende deelgebieden wordt gegeven in tabel 2.2. Hieruit blijkt dat de geschatte opbrengsten per vierkante meter een relatie hebben met het gebruik van de percelen. Sommatie van de opbrengsten per vierkante meter over de totale oppervlakten van de percelen levert een totaal op van 67,8 miljoen kg consumptiemosselequivalenten.

Tabel 2.1. De perceelverdeling in de westelijke Waddenzee. De opbrengsten zijn gegeven in 'consumptiemosselequivalenten'. De oppervlakten zijn de gedeelten van de percelen die produktiewaarde hebben.

Klasse 1A	consumptieperceel met weinig stormrisico	opbrengst 4	kg/m ²	413 ha
Klasse 1B	consumptieperceel met enig stormrisico	opbrengst 2.5	kg/m ²	1455 ha
Klasse 1C	consumptieperceel met enig stormrisico	opbrengst 1.25	kg/m ²	499 ha
Klasse 2	halfwasperceel	opbrengst 0.83	kg/m ²	598 ha
Klasse 3	zaadperceel	opbrengst 0.62	kg/m ²	684 ha
Totaal				<u>3649 ha</u>

Tabel 2.2. De verdeling van de verschillende klassen van percelen naar oppervlakte (in ha) en geschatte opbrengst (in 1000 kg) in de westelijke Waddenzee.

Klasse		1A	1B	1C	2	3
<u>Percelen</u>						
ZO Rak	opp.		125	18	36	2
	opbr.		3137	229	301	13
Boontjes	opp.					81
	opbr.					508
Inschot	opp.	54	130	16	116	24
	opbr.	2160	3258	200	970	155
Fr. Gaatje	opp.		18		12	
	opbr.		453		104	
Slenk	opp.				44	71
	opbr.				370	444
Oosterom	opp.	138	31	9	3	2
	opbr.	5534	769	109	29	10
Meep	opp.	68	209	133	86	150
	opbr.	2720	5232	1671	716	941
Balgen	opp.	153	224	63	91	3
	opbr.	6120	5600	794	759	22
Texel	opp.		88	53	107	
	opbr.		2205	661	894	
Amsteldiep	opp.					2
	opbr.					125
Wieringen	opp.		192	60	100	347
	opbr.		4806	756	837	2169
Scheurrak	opp.		429	42		
	opbr.		10724	531		
Scheer	opp.		7	52		
	opbr.		187	656		
Totaal	opp.	413	1455	449	598	684
	opbr.	16534	36373	5609	4981	4274

Het gemiddelde van de daadwerkelijke hoeveelheden aangevoerde mosselen uit de Waddenzee bedraagt over de seizoenen 1977/78 tot en met 1986/87 $64,6 \times 10^6$ kg, de aanvoeren vanaf 1980 op maandbasis zijn weergegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3. De aanvoer van mosselen per maand uit de Waddenzee, in procenten, en de totale aanvoer in miljoenen kilogram.

Maand	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	Gem.
	- 81	- 82	- 83	- 84	- 85	- 86	- 87	- 88	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Mei	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juni	-	-	-	3,9	3,5	4,2	-	-	1,7
Juli	6,7	12,7	12,9	12,8	14,5	20,4	22,3	-	14,6
Augustus	8,3	12,8	14,4	21,4	16,0	17,4	18,9	-	15,6
September	13,6	15,9	14,9	15,7	19,4	14,7	17,4	-	15,9
Oktober	23,4	14,5	19,1	19,0	27,8	20,1	3,6	-	18,2
November	22,9	18,4	15,1	16,9	13,0	11,6	17,5	-	16,5
December	9,5	11,1	11,4	6,5	2,5	6,0	-	-	6,7
Januari	8,3	3,0	6,8	2,0	0,9	4,3	3,4	-	4,1
Februari	3,2	7,5	4,1	1,5	1,0	0,6	10,3	-	4,0
Maart	4,0	4,0	1,3	0,3	1,4	0,7	5,8	-	2,5
April	0,1	-	-	-	-	-	0,9	-	0,1
10^6 kg	34,2	89,3	111,4	74,3	27,5	72,9	38,5	57,1	63,1

De fluctuaties hierin zijn aanzienlijk; de aanvoer kan minder dan de helft (1984-85) tot bijna twee maal de gemiddeld te verwachten waarden bedragen.

3 HET VOORKOMEN EN DE BIOMASSA VAN DE MOSSEL

3.1 Algemeen

De mossel komt van nature in de Waddenzee voor. In de zomer vestigen de mossellarven zich op daartoe geschikte plaatsen. Dijkvloeringen, kettingen en touwen zijn dikwijls begroeid met mosselzaad. Ook komen mosselbanken voor op de al dan niet droogvallende platen. De vestiging hierop is onder meer afhankelijk van de hydrologische omstandigheden, bodemgesteldheid en de aanwezigheid van een geschikt substraat (kokertjes van de worm Lanice conchilega of schelpen van oude mossel- of kokkelbanken).

Droogvallende mosselbanken komen vooral voor langs de geulen aan de randen van de platen. Mosselpercelen zijn meestal op wat diepere plaatsen (2-4 m) in de geulen aangelegd. De mosselpopulatie in de Waddenzee bestaat dus uit drie delen: de natuurlijke droogvallende banken, de natuurlijke banken in het gebied onder de laagwaterlijn (sublitoraal) en het deel dat op de culturpercelen ligt. Sublitorale banken liggen voor het overgrote deel in het westelijke gedeelte van de Waddenzee. Droogvallende banken voornamelijk in het oostelijke.

Om de rol van de mossel in het ecosysteem van de Waddenzee te kunnen kwantificeren, dient men over schattingen van de biomassa van de populatie te beschikken. Wanneer men in dit verband specifiek de effecten van de mosselcultuur wenst te kwantificeren, moet bekend zijn hoeveel (extra) biomassa t.o.v. een natuurlijke populatie aanwezig is. Ondanks het feit dat de mossel wat betreft de biomassa tot de belangrijkste organismen van de Waddenzee moet worden gerekend, zijn er op dit gebied maar weinig nauwkeurige gegevens omdat er geen op mosselen toegespitste inventarisaties zijn verricht. In de volgende onderdelen volgt een overzicht van hetgeen bekend is van schattingen van de mosselbiomassa in de Waddenzee. Als grens tussen historische en recente tijden wordt het jaar 1970 aangehouden; de mosselcultuur is dan tien jaar op volle sterkte uitgeoefend.

3.2 Schattingen van de biomassa in het verleden

Gegevens over de mosselbiomassa uit het verleden zijn schaars. In het begin van onze eeuw (1908-1910) werd door P.P.C. Hoek een inventarisatie uitgevoerd. Uit die gegevens blijkt de aanwezigheid van mosselbanken in het sublitoraal. Ook worden complexen van droogvallende banken onder Ameland beschreven, die in die tijd zeer uitgestrekt waren. Kwantitatieve

gegevens zijn tijdens deze inventarisatie echter niet verzameld. Er zijn beschrijvingen van mosselbanken uit de jaren dertig (archief RIVO). Kuenen (1942) en Maas Geesteranus (1942) beschrijven eveneens droogvallende banken, alsmede de vorming ervan. Ook Van Straaten (1965) geeft details van droogvallende mosselbanken; hieruit is op te maken dat er oude en volgroeide banken voorkwamen met mosselen in alle leeftijdsklassen. Dikwijls vormden ze hoge bulten die het afstromen van water bij eb belemmerden. Helaas geven deze publikaties geen schattingen van de hoeveelheid mosselen.

In verschillende publikaties worden verschillende grootheden gebruikt voor het weergeven van mosselbiomassa's. In deze rapportage wordt slechts versgewicht (totaalgewicht mosselvlees + schelp + ingesloten water) of asvrij drooggewicht (AVD) gebruikt. Voor het omrekenen wordt ervan uitgegaan dat het AVD gelijk is aan 5% van het versgewicht.

In de westelijke Waddenzee is Verwey (1952) de eerste die zich aan een schatting waagt op basis van informatie van de opziener van de visserijen. Met de gegevens van Verwey kan berekend worden dat in 1949 in de westelijke Waddenzee 16×10^6 kg mosselen (versgewicht) voorkwamen. Door Verwey wordt opgemerkt dat er tussen de verschillende jaren grote verschillen kunnen optreden. Uit de maandverslagen van de opzieners van de visserijen (archief RIVO) blijkt dat in de jaren vijftig zeer weinig droogvallende mosselzaadbanken voorkwamen. Mosselzaad werd met veel moeite verzameld van strandhoofden, dijken en zelfs schepen. Er werd geëxperimenteerd met het verzamelen van mosselzaad door het beschikbaarstellen van geschikt substraat (rietmatten en stro).

Voor de oostelijke Waddenzee geeft Kamps (1962) een schatting van de oppervlakte van mosselbanken. In de jaren vijftig is dat ca. 300 ha, maar in het jaar dat gerapporteerd wordt, bedraagt de schatting ongeveer 1200 ha. Kamps hanteert een gemiddelde dichtheid van 2500 exemplaren per vierkante meter. Kamps (ongepubl. manuscript) geeft aan dat bij zijn oppervlakteschattingen alleen het werkelijk door mosselen bedekte deel betrokken is. Bij een gemiddeld AVD van 0,3 g per mossel, dus 750 g AVD per m^2 , zou de biomassa op 300 ha 2250×10^3 kg AVD (45×10^6 kg vers) bedragen en op 1200 ha zelfs 9000×10^3 kg AVD (180×10^6 kg vers). Op uitgebreide mosselbankcomplexen was in 1987 het deel waar werkelijk mosselen lagen ongeveer 20% (Wensink & Reitsma 1988). Als ook in de jaren vijftig sprake zou zijn geweest van een bedekkingspercentage van 20%, zou het totale oppervlak van de mosselbanken 1500 resp. 6000 ha zijn geweest.

3.3 Recente schattingen van de biomassa

3.3.1 Droogvallende mosselbanken

Beukema (1976, 1978) voerde in de jaren 1970-74 een inventarisatie uit van de bodemfauna van de platen in de hele Waddenzee. Hieruit kan worden geconcludeerd dat toen $148\ 800 \times 10^3$ kg mosselen (7440×10^3 kg AVD) aanwezig was op droogvallende banken (1200 km^2) in de Waddenzee, waarvan 7120×10^3 kg (356×10^3 kg AVD) in het westelijke gedeelte. In 1977 was volgens Beukema et al. (1978) in de westelijke Waddenzee $23\ 760 \times 10^3$ kg aanwezig (1188×10^3 kg AVD). De gegevens zijn verkregen door bemonstering over raaien van 1 km lengte. Gelet echter op de niet homogene verspreiding van de mossel op de platen is deze methode niet erg nauwkeurig om de mosselbiomassa te bepalen. Beukema (1976) geeft voor een gemiddelde van 6,2 g per m^2 een 95% betrouwbaarheidsinterval van 0-12 g per m^2 .

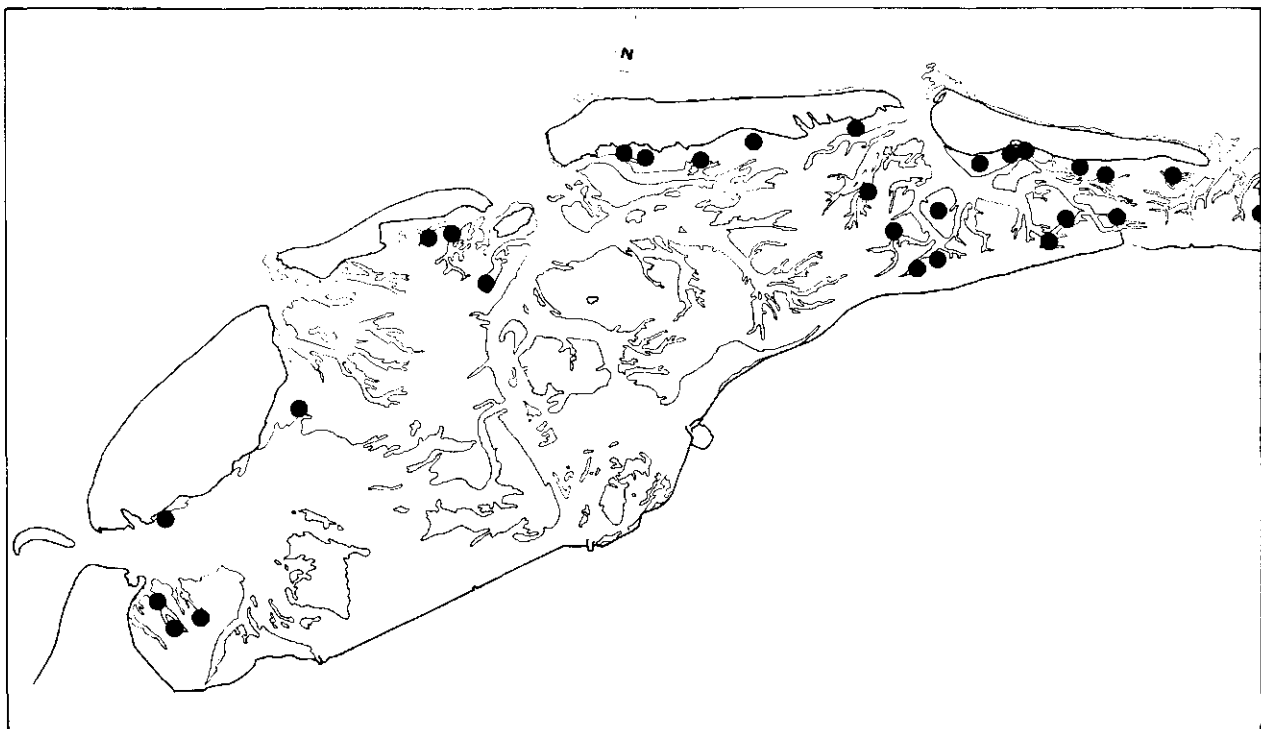
De mosselbanken in 1978 zijn door K.S. Dijkema in kaart gebracht (in druk). Het betrof hier vrijwel uitsluitend oude mosselbanken (Dijkema, pers. med.). De dichtheid van de mosselbezetting is echter niet gemeten, maar wel zijn de oppervlakten van de banken en complexen goed vast te stellen. Per kombergingsgebied zijn deze oppervlakten gegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1. Oppervlakten van droogvallende mosselbanken in de Waddenzee (gegevens Dijkema) en geschatte biomassa (volgens Wensink & Reitsma 1988) in 1978.

Kombergingsgebied	Oppervlakte in ha	Versgewicht in 1000 kg
1 Marsdiep	213	4270
2 Eyerlandsche Gat	23	460
3 Vliestroom	618	12360
4 Borndiep	999	19980
5 Pinkegat en Zoutkamperlaag	695	13890
6 Eilander Balg, Lauwers en Schild	765	15310
7 Eems	46	920
Subtotaal		
westelijke Waddenzee (1-3)	854	17090
oostelijke Waddenzee (4-7)	2505	50100
Totaal	3359	67190

Bij de berekening van de biomassa van een mosselbank is men uitgegaan van een bedekkingspercentage van 20% (Wensink & Reitsma 1988). Dit komt overeen met 20.000 kg versgewicht per ha mosselbank. Hieruit blijkt dat in de oostelijke Waddenzee ongeveer drie maal zoveel mosselen op droogvallende banken voorkwamen als in het westelijke gedeelte.

E. de Beer, opziener van de visserijen, heeft in 1984 voor de oostelijke Waddenzee de plaatsen van voor vissers interessante mosselbanken op kaart aangegeven. Helaas zijn geen schattingen gemaakt van oppervlakten of biomassa, maar de gegevens konden als uitgangspunt dienen voor de inventarisatie die in het voorjaar 1987 is uitgevoerd door het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN) (Wensink & Reitsma 1988). De droogvallende banken werden opgemeten en de bedekkingspercentages vastgesteld. De bedekte gedeelten van de banken werden bemonsterd ten einde de biomassa per vierkante meter te bepalen. Zeker in vergelijking met beide vorige schattingen levert deze inventarisatie redelijk nauwkeurige



Figuur 3.1. Verspreiding van de droogvallende mosselbanken in het voorjaar van 1987.

resultaten op, maar 1987 is geen representatief jaar voor een schatting van de droogvallende banken. Na drie opeenvolgende ijswinters waren veel banken verdwenen en verkleind. De plaatsen van de aangetroffen banken zijn weergegeven op het kaartje in figuur 3.1. Het oppervlak aan mosselbanken bedroeg ongeveer 650 ha en de totale biomassa werd geschat op 6470×10^3 kg versgewicht (337×10^3 kg AVD), d.w.z. ongeveer 10% van de hoeveelheid in 1978. Slechts 1160×10^3 kg (58×10^3 kg AVD) hiervan lag in de westelijke Waddenzee. In het najaar van 1987 was t.g.v. de goede broedval de biomassa in de westelijke Waddenzee weer gestegen tot $634^0 \times 10^3$ kg (317×10^3 kg AVD) (Beukema, pers. med.).

Hoewel de inventarisatie van Wensink en Reitsma niet het gebied ten oosten van Schiermonnikoog omvatte, is door mededelingen van diverse personen met een goede veldkennis van dit gebied, komen vast te staan dat de mosselbiomassa daar niet groot was; in ieder geval minder dan 10% van de genoemde totale hoeveelheid.

In de zomer van 1987 is met name in de oostelijke Waddenzee een zeer goede zaadval opgetreden, waardoor momenteel zeer uitgestrekte litorale mosselbanken voorkomen. Alleen van het gebied onder Ameland zijn in 1988 biomassaschattingen bekend. Daar kwam vóór de zaadvisserij $16\,620 \times 10^3$ kg (831×10^3 kg) mosselen voor op banken die een gebied van 273 ha

bedekken (Hesselink & Dodde, 1988).

3.3.2 Sublitorale banken

Wat betreft de banken beneden de laagwaterlijn (sublitoraal) is alleen enige informatie beschikbaar voor de westelijke Waddenzee. In de westelijke Waddenzee komen de meeste mosselen voor beneden de laagwaterlijn. Op grond van informatie van de opzieners van de visserijen, de door mosselkwekers ingevulde enquêteformulieren betreffende zaadvisserij, waarop hoeveelheid en plaats van vissen en zaaien aangegeven is, en door het RIN in juni 1985 gemaakte side-scan sonar opnamen is de ligging van de sublitorale banken globaal bekend. Deze informatie is echter niet kwantitatief. In 1981/82 bemonsterde Dekker (1987) de bodemfauna in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee. Op grond van zijn resultaten blijkt dat toen op sublitorale banken (buiten de percelen) 204×10^6 kg ($10,2 \times 10^6$ kg AVD) mosselen voorkwam. De spreiding in de resultaten was echter groot. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval ligt tussen 57×10^6 en 350×10^6 . De getallen moeten dus met grote voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

De laatste vier jaar is tijdens de zaadvisserij gemiddeld ongeveer 90×10^6 kg mosselen opgevist, waarvan 87% uit zaad en de rest uit halfwas en consumptiemosselen bestond. Van deze hoeveelheid wordt ca. 75×10^6 kg weer gezaaid op de percelen in de Waddenzee, de rest in Zeeland. Onbekend is welk deel van de banken blijft liggen. Op grond van de gegevens van Dekker zijn buiten de percelen nog zeer veel mosselen aanwezig.

Hiertegen pleit het feit dat gemiddeld over de laatste vier jaar de verhouding zaad:halfwas:consumptiemossel in de vangsten 87:9:4 bedraagt. Zaad dat is blijven liggen op de sublitorale banken, is in het najaar uitgegroeid tot halfwas, het nieuwe mosselzaad heeft zich dan ook gevestigd. Er is van uitgegaan dat zaad en halfwas gedurende de winter aan dezelfde risico's van wegspoelen t.g.v. storm blootstaan. De vertegenwoordiging van halfwas in de vangsten kan dan een afspiegeling zijn van wat er het voorgaande jaar is blijven liggen. Uit de doorgaans geringe vertegenwoordiging blijkt dat slechts een klein deel op de banken aanwezig blijft, of dat er een groot verlies optreedt.

Een laag percentage halfwas kan ook worden veroorzaakt doordat nieuw mosselzaad boven op het halfwas terechtkomt en het halfwas verstikt. De sterfte van halfwas is dan groot. Ook kan predatie (zeesterren) in de zomer een grote sterfte van halfwas veroorzaken.

3.3.3 Percelen

In 1981/82 zijn door Dekker ook de mosselpercelen bemonsterd. Binnen de bebakende percelen vond hij een gemiddelde waarde van 251 ± 157 g AVD per m^2 , dit komt overeen met een totale biomassa op de percelen ($70 km^2$) van $17,5 \times 10^6$ kg AVD of wel ca. 352×10^6 kg versgewicht. Voor deze schatting geldt eveneens, gezien de spreiding in de resultaten van de bemonstering, dat voorzichtigheid geboden is. Vertegenwoordigers uit de mosselsector geloven dat deze schatting te hoog is.

De gegevens omtrent de van de percelen aangevoerde hoeveelheden consumptiemosselen en de hoeveelheden uitgezaaid mosselzaad maken het mogelijk de omvang van de biomassa bij benadering vast te stellen. Door sommatie van de maandelijkse aanvoeren, gecorrigeerd voor sterfte en groei, kan men per maand de aanwezige hoeveelheid consumptiemosselen terugrekenen, tot ongeveer 1 juni, het begin van het mosselseizoen. Bovendien is de biomassa van consumptiemosselen op 1 juni te berekenen uit de hoeveelheid in het voorgaande jaar (mei) gestort zaad. Bij deze berekening wordt eveneens rekening gehouden met de opgetreden sterfte en groei. De totale biomassa wordt benaderd wanneer de in mei gestorte hoeveelheid zaad erbij wordt opgeteld.

Het resultaat van deze berekening, op grond van een gemiddeld mosselseizoen is weergegeven in tabel 3.2 en figuur 3.2. Voor de mosselseizoenen 1984/85, 1985/86 en 1986/87 zijn gegeven in figuur 3.3. Voor de berekeningen is uitgegaan van de volgende veronderstelling, o.a. gebaseerd op de meest recente schattingen van het RIVO (Van Stralen; Dijkema, pers. med.):

- Het percentage tarra (lege schelpen) etc. in het gestorte zaad bedraagt 50%.
- De directe sterfte t.g.v. het opvissen en uitzaaien van zaad is 40%.
- De sterfte van zaad- en halfwasmossele bedraagt 3% per maand. In de maanden december en januari is t.g.v. verzaai- en wintersterfte 10% per maand aangehouden.
- Voor consumptiemosselen wordt een sterfte van 10% per maand aangehouden onder andere t.g.v. predatie, stormschade en verzaai- en transportverliezen, b.v. naar Zeeland.
- De gehanteerde waarden voor groei zijn gebaseerd op de bemonstering van percelen in 1984-85 (hoofdstuk 4), zij het dat een vereenvoudiging is gemaakt. Groei vindt plaats gedurende de maanden april tot en met augustus. Een zaadmossel heeft op 1 mei een gewicht van 2 g vers, de gewichtstoename van de halfwas is 2 g per maand, het gewicht van het

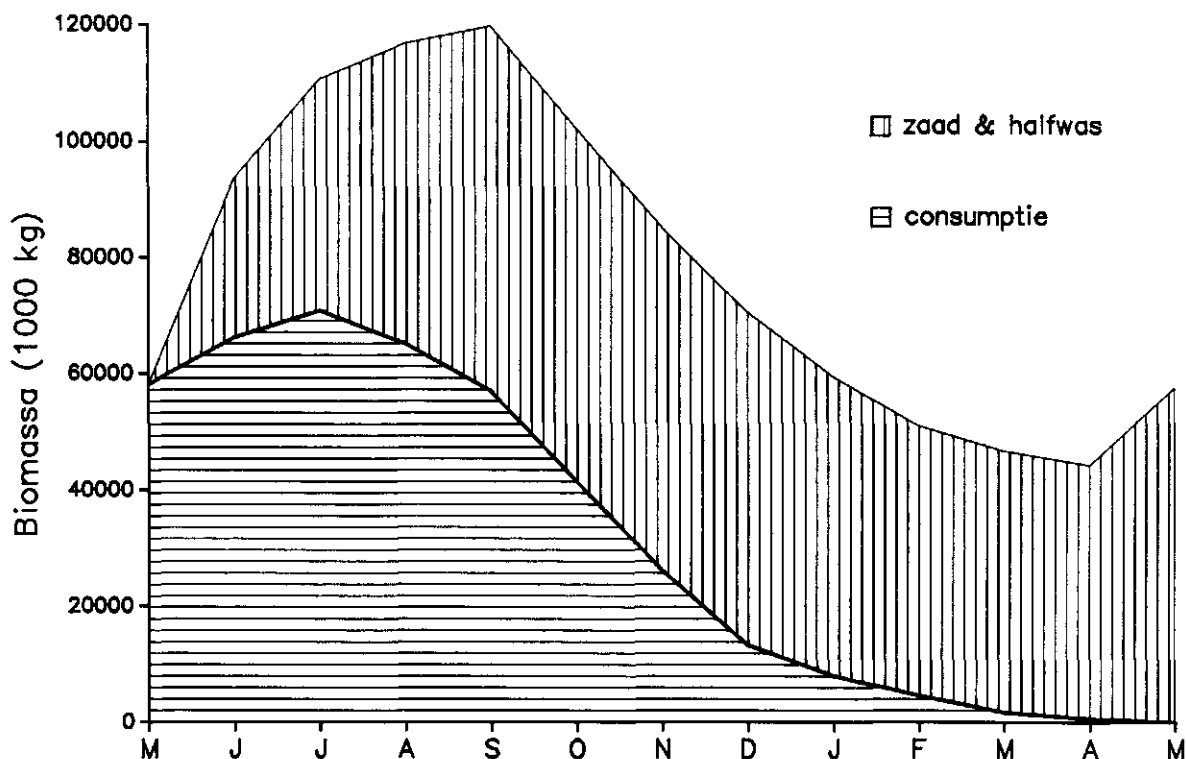
halfwas eind augustus en begin april van het jaar daarop bedraagt 10 g per mossel. De gewichtstoename bedraagt 3,6 g per maand; een consumptiemossel heeft diensgevolge eind augustus een gewicht van 28 g.

Uit tabel 3.2 blijkt dat de maximaal aanwezige biomassa rond augustus ongeveer 120×10^6 kg is, het minimum in maart/april ca. 44×10^6 kg, het jaargemiddelde komt uit op ca. 80×10^6 kg. In zo'n gemiddeld jaar wordt 65×10^6 kg mosselen geleverd.

Tabel 3.2. De hoeveelheid mosselen (versgewicht) op de percelen in een gemiddeld jaar op de eerste dag van elke maand. De hoeveelheid consumptiemosselen is berekend op grond van de geleverde hoeveelheden; de zaad- en halfwashoeveelheden op grond van gezaaide zaadmosselen.

Maand	Consumptie- mosselen x 1000 kg	Zaad + halfwas mosselen x 1000 kg	Totaal x 1000 kg
Mei	58165	-	58165
Juni	66206	27580	93786
Juli	70910	40129	111039
Augustus	65158	51900	117058
September	57028	62929	119957
Oktober	41534	61041	102575
November	26174	59210	85384
December	13396	57433	70829
Januari	8054	51690	59744
Februari	4723	46521	51244
Maart	1788	45125	46913
April	697	43772	43841
Mei	-	57744	57744
Gemiddeld			<u>80045</u>

De onderbreking in de kromme in mei wordt veroorzaakt doordat de biomassa van consumptiemosselen hier op twee wijzen is berekend: uit de gezaaide hoeveelheid en uit de aanvoer. De verschillen zijn echter niet groot.

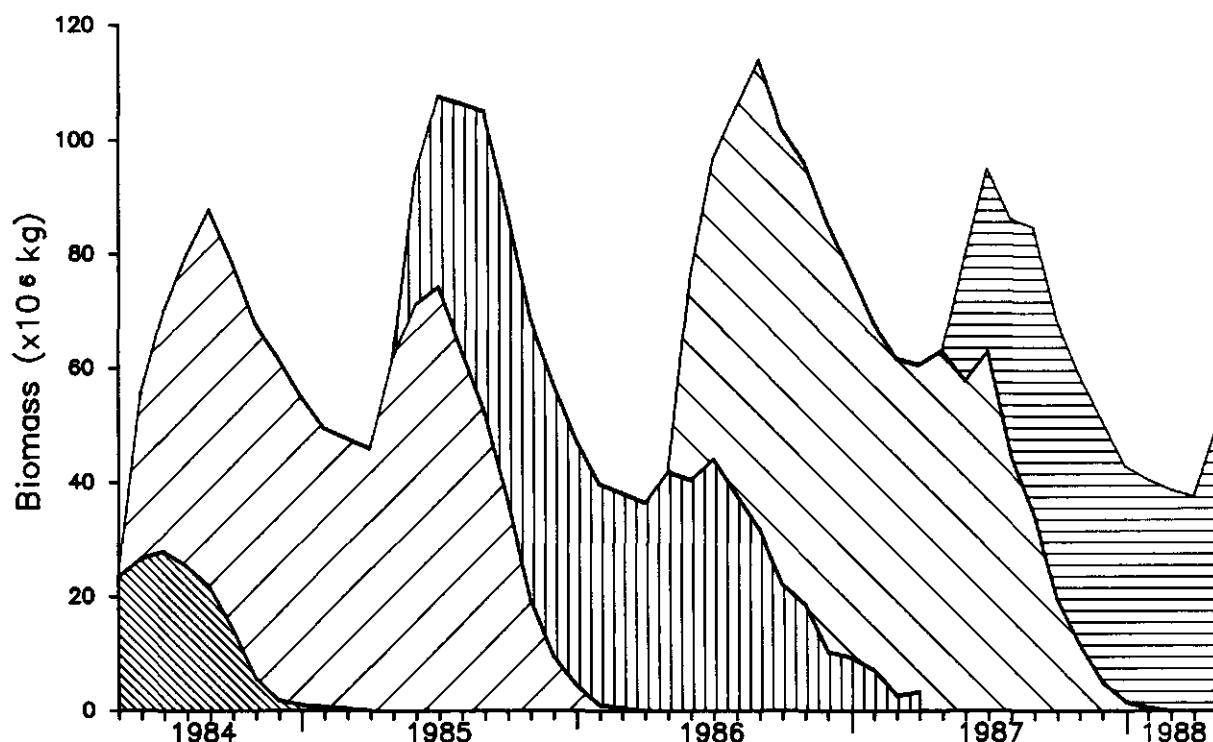


Figuur 3.2. De mosselen van twee jaarklassen op de percelen in een gemiddeld jaar met een produktie van 65×10^6 kg.

De berekeningen aan de hand van de aanvoer zijn globale schattingen. In geval er veel mosselen verloren gaan t.g.v. storm moet de biomassa voor de storm veel hoger zijn geweest dan in de aanvoer tot uitdrukking komt. In de huidige berekening worden alle verliezen verrekend in de sterfte van het uitzaaien, en de maandelijkse sterfte. De schatting van Dekker lijkt in vergelijking met bovenstaande inderdaad te hoog. Wel moet worden opgemerkt dat de periode waarin hij bemonsterde, voorafging aan een tweetal uitzonderlijke goede seizoenen met aanvoeren van resp. 89×10^6 kg en 111×10^6 kg. De biomassa zal in die periode dan ook aanzienlijk hoger zijn geweest dan de gemiddelde waarde.

3.4 Fluctuaties

Uit het voorgaande is duidelijk gebleken dat de biomassa van de mosselen aanzienlijk kan variëren. Het duidelijkst zijn in dit verband de verschillen in de schattingen van de biomassa op de droogvallende banken; in de periode 1970-74 149×10^6 kg, in 1978 $67,2 \times 10^6$ kg en in 1987 slechts $6,5 \times 10^6$ kg. Ook in het sublitoraal en op de percelen zullen zich verschillen voordoen. Deze worden in ieder geval weerspiegeld door



Figuur 3.3. De berekende hoeveelheid mosselen in miljoen kg op de percelen in de jaren 1984, tot 1988. De verschillende arceringen geven het aandeel van de verschillende jaarklassen.

de sterk fluctuerende jaarlijkse aanvoeren van consumptiemosselen uit de Waddenzee.

Behoudens plotselinge grote sterfte door storm of ijsgang komen fluctuaties binnen één jaar voornamelijk voor in het sublitoraal van de Waddenzee, dit t.g.v. het wegvissen van de consumptiemosselen en het opvissen en storten van zaad en halfwas (sterfte). De fluctuaties op de percelen binnen een jaar worden duidelijk geïllustreerd door figuur 3.2 en 3.3.

Figuur 3.2 is gebaseerd op een gemiddeld jaar met een aanvoer van 65×10^6 kg. In zo'n jaar is gemiddeld 80×10^6 kg mosselen op de percelen aanwezig maar de hoeveelheid varieert van 44×10^6 kg in april tot 120×10^6 kg in september. In een slecht mosseljaar (1984/85) wordt slechts 27×10^6 kg mosselen aangevoerd. Als dezelfde seizoenfluctuaties aangehouden worden als in een gemiddeld jaar, betekent dit dat in zo'n slecht jaar gemiddeld 33×10^6 kg aanwezig is en in april slechts 18×10^6 kg. Voor een goed jaar (1982/83) met een aanvoer van 111×10^6 kg geldt dat dan gemiddeld 136×10^6 kg op de percelen ligt, maar in augustus zou maximaal 204×10^6 kg voorkomen.

Tabel 3.3. Overzicht van de schattingen van de mosselpopulatie in de Waddenzee. Alle waarden zijn uitgedrukt in 1000 kg versgewicht.

Jaar	Bron	Westel. Waddenzee		Oostel. Waddenzee
		droogv.	sublit. percelen	droogvallend
1949	Verwey (1952)	16000		
+ 1955	Kamps (1962)			45000
1961	Kamps (1962)			180000
+ 1972	Beukema (1976)	7120		141680
1977	Beukema et al.			
	(1978)	23760		
1978	Wensink & Reitsma			
	(1988)	17090		50100
1981	Dekker 1989		204000	350000
1987	Wensink & Reitsma			
	(1988)	1160		5310*
1978	Najaar (Beukema, pers.med.)	6340		
1977-	Dit rapport gem.		80000	
1987	Dit rapport variatie		33000	
			- 136000	

* Hierbij zijn niet inbegrepen mosselen die ten oosten van het wantij van Schiermonnikoog lagen. Naar alle waarschijnlijkheid waren dat er minder dan 500×10^3 kg.

3.5 Samenvatting

Uit de opsomming van de door verschillende onderzoekers geschatte hoeveelheid mosselen blijkt dat er grote verschillen voorkomen tussen die schattingen. Voor een deel is dit te verklaren door de onnauwkeurigheid van de schattingen; de variatie van de mosselpopulatie per seizoen en per jaar is zonder twijfel van zeer groot belang. In tabel 3.3 zijn de eerder genoemde schattingen samengevat.

Voor een berekening van de rol van de mossel in de westelijke Waddenzee wordt in deze rapportage in eerste instantie uitgegaan van een hoeveelheid mosselen van 10×10^6 op droogvallende platen, van 204×10^6 kg op wilde banken in het sublitoraal (Dekker 1989) en 80×10^6 kg op de mosselpercelen. Bij de interpretatie moet rekening worden gehouden met de grote fluctuaties die kunnen optreden.

4 DE GROEI VAN DE MOSSEL

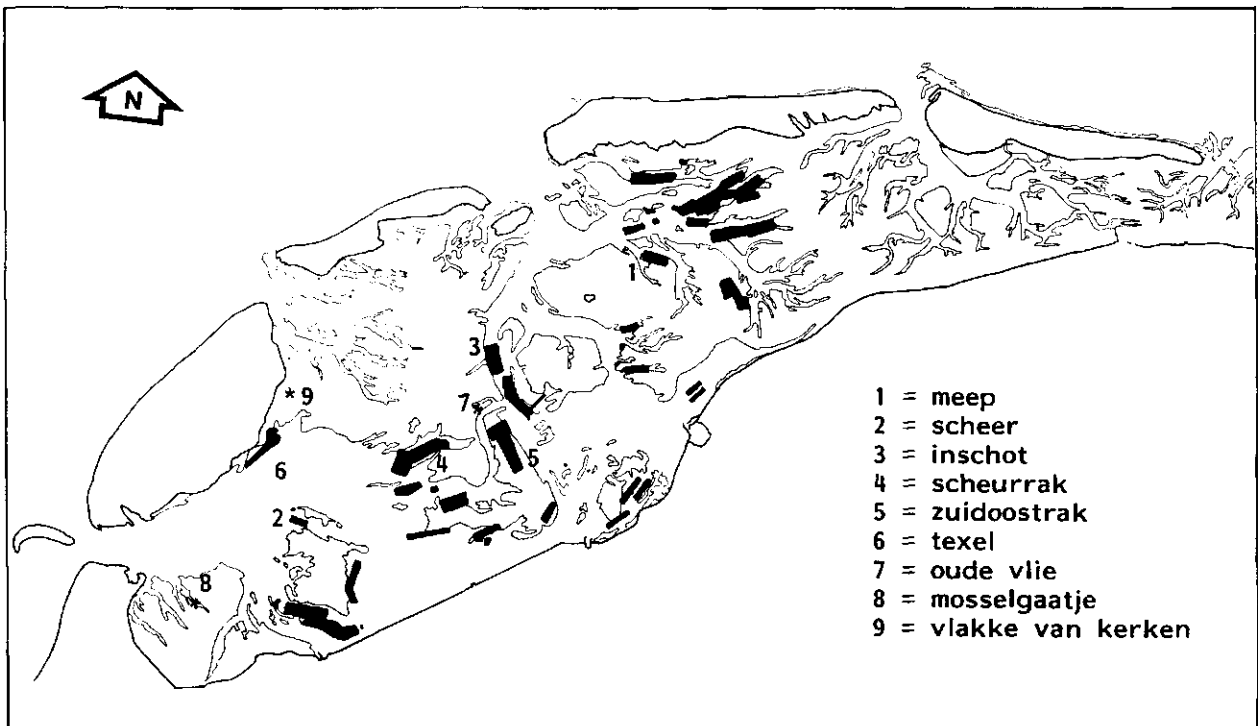
In 1984 en 1985 zijn op een aantal percelen en droogvallende banken monsters genomen. Van de mosselen werden de lengte en het asvrij drooggewicht (AVD) bepaald. Het drooggewicht werd eerst bepaald door de mosselen te wegen na 48 uur drogen bij 65°C. Vervolgens werd 2 uur verast bij 560°C. De asrest werd gewogen en van het drooggewicht afgetrokken voor de bepaling van het AVD. Mosselen kleiner dan 30 mm werden inclusief schelp verwerkt. Grotere mosselen werden na enkele minuten koken uit de schelp verwijderd en alleen het mosselvlees werd verwerkt. Figuur 4.1 toont de plaatsen van alle bemonsterde banken en percelen. In de figuren 4.2-4.6 zijn de resultaten weergegeven. Telkens is de gemiddelde mossellengte van een monster uitgezet. Met de voor elk monster vastgestelde coëfficiënt a en exponent b in relatie $AVD = a \cdot L^b$ is voor de gemiddelde lengten het bijbehorend AVD berekend. In deze rapportage wordt ervan uitgegaan dat dit als het gemiddelde AVD van een individu van de populatie kan worden beschouwd. Het berekende AVD van mosselen van de gemiddelde lengte kan worden beschouwd als het gemiddelde AVD per individu van de populatie.

De lengtegroei (schelp) van de mossel vindt voornamelijk plaats van april tot en met augustus. In deze periode is op de percelen de lengtetoe name van zaadmosselen $5,9 \pm 1,0$ mm per maand, van halfwasmosselen $2,7 \pm 0,3$ mm per maand. In najaar en winter groeien de halfwasmosselen maar langzaam, de lengtetoe name bedraagt dan $0,8 \pm 1,0$ mm per maand. Vergelijking van de gevonden waarden met gegevens van lengtegroei uit de literatuur (tabel 4.1) toont aan dat de mossel in de Waddenzee betrekkelijk snel groeit, hoewel hogere groeisnelheden mogelijk zijn. Deze worden bereikt wanneer mosselen vrij van de bodem b.v. hangend aan touwen (hangcultuur) worden gekweekt.

De lengtegroei van mosselzaad op droogvallende banken is slechts weinig lager dan op de percelen. Mosselen groter dan 40 mm groeien op wilde banken nog maar langzaam.

Het verloop van het AVD van de mosselen vertoont een heel ander beeld. Zaadmosselen nemen met ongeveer 0,1 g per maand toe van april tot en met augustus bij een begingewicht van 0,05-0,1 g. De halfwasmosselen met een begingewicht van 0,5-0,6 g nemen dan toe met bijna 0,2 g per maand.

Op alle bemonsterde percelen en banken begint rond augustus het gewicht sterk af te nemen. Deze afname duurt enige maanden en kan tot een verlies van 50% van het gewicht in augustus oplopen (Meep). Vanaf



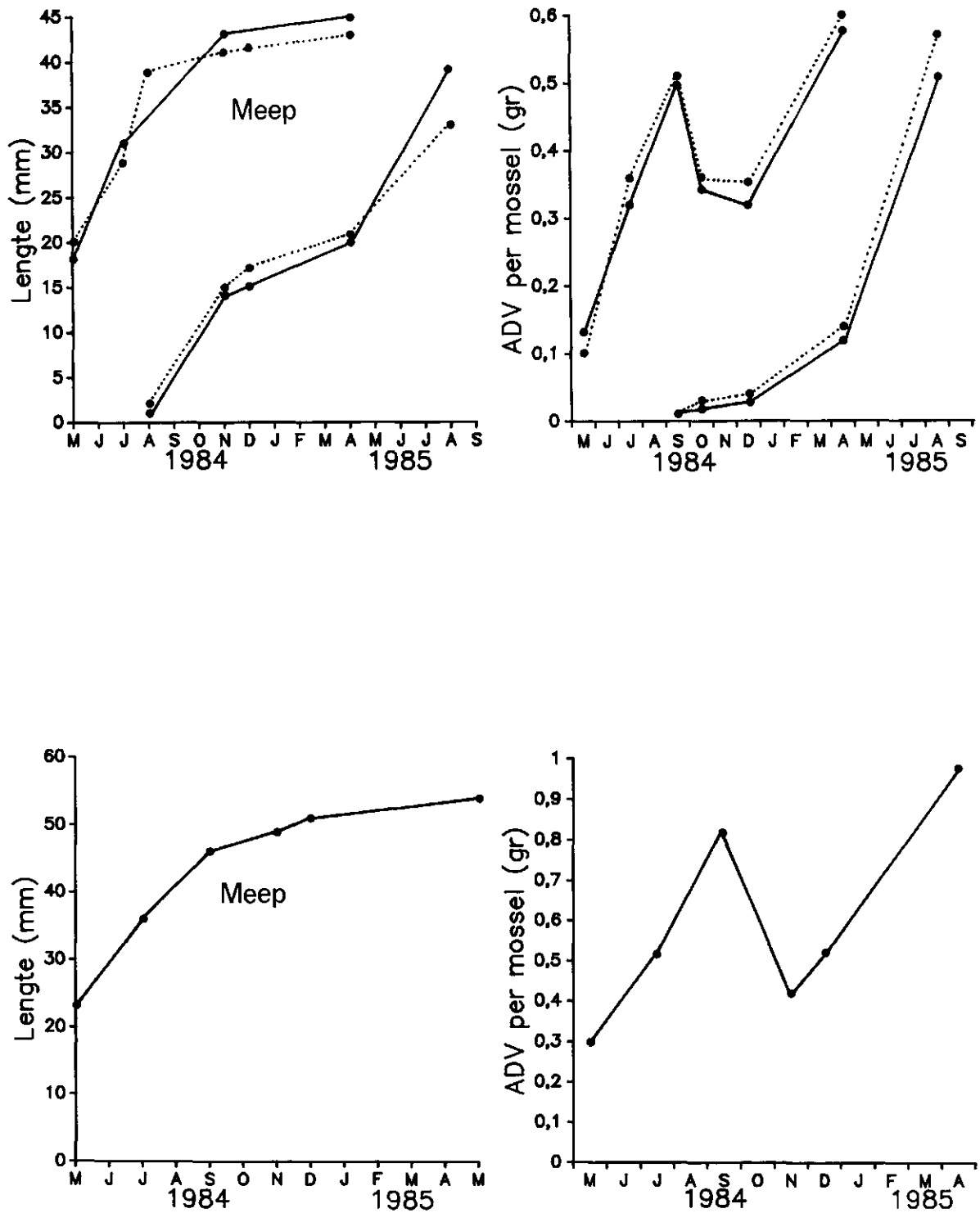
Figuur 4.1. Plaatsen van alle bemonsterde banken en percelen in de Waddenzee.

december echter treedt een sterke gewichtstoename op, zodat in april het oorspronkelijke gewicht van augustus bereikt is of zelfs wordt overschreden. Het is niet duidelijk of dit verschijnsel zich elk jaar in dezelfde mate voordoet; een lange meetserie zou noodzakelijk zijn hierin inzicht te verschaffen. In de maandverslagen van de opzieners van de visserijen uit het eind van de jaren vijftig wordt echter ook gesproken van een aanzienlijk afname van het vleesgewicht in de maand september. Het Produktschap van Vis en Visprodukten (Mosselkantoor) registreert van alle uit de Waddenzee aangevoerde partijen mosselen het (vers) vleesgewicht. Helaas waren deze gegevens voor het RIN niet toegankelijk zodat van deze bron geen gebruik kon worden gemaakt om bovengenoemd verschijnsel nader te onderzoeken.

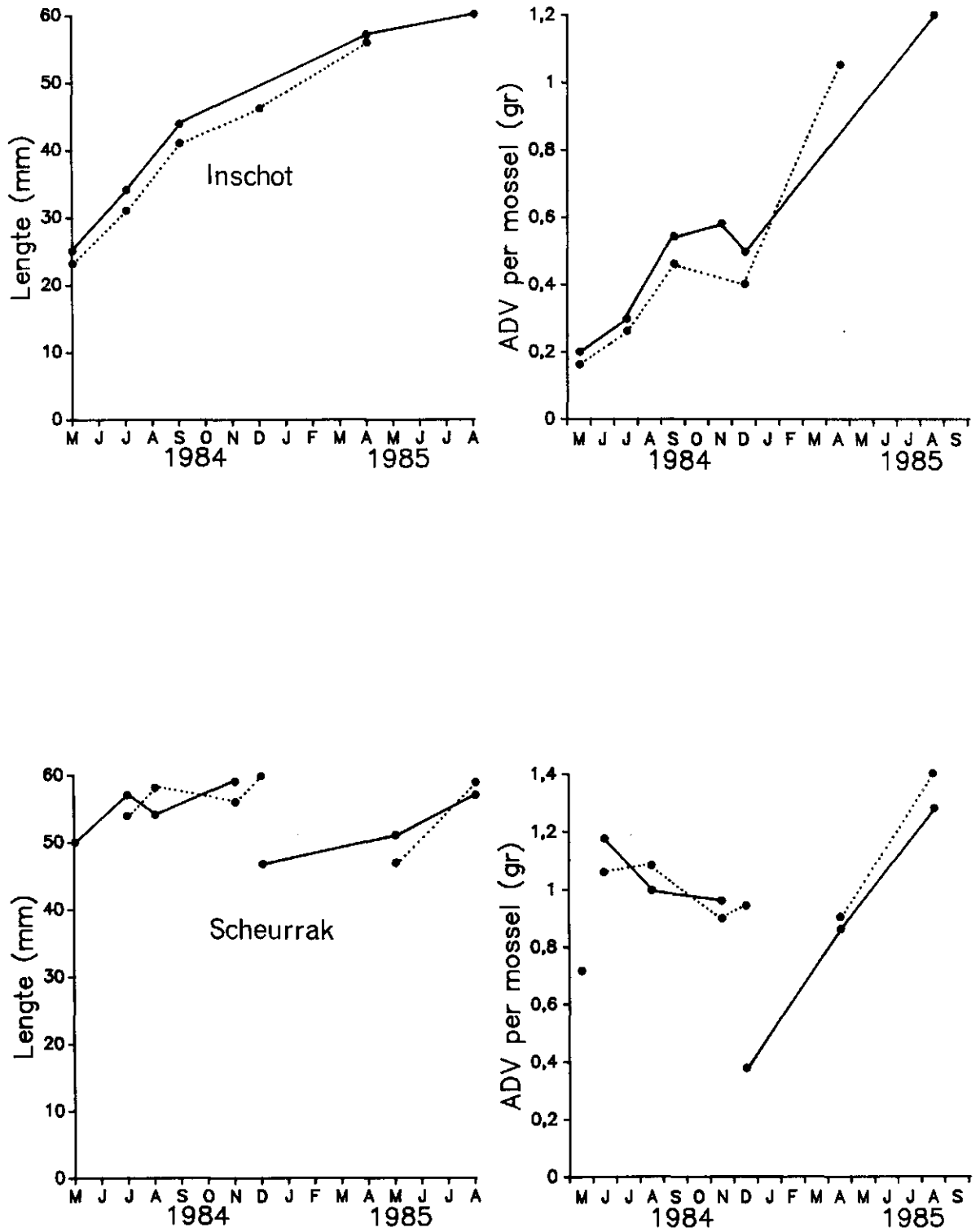
De grote terugval in vleesgewicht van mosselen, gevolgd door een sterke groei in de winter, is elders niet beschreven. Dare en Edwards (1975) vonden weliswaar een vergelijkbare afname in mosselen uit Wales, maar de afname begon daar later en zette door tot in mei. Deze afname werd toegeschreven aan de vorming van geslachtsprodukten. Pas in mei vond weer een toename van het gewicht plaats.

Tabel 4.1. Groeigegevens mosselen op verschillende locaties.

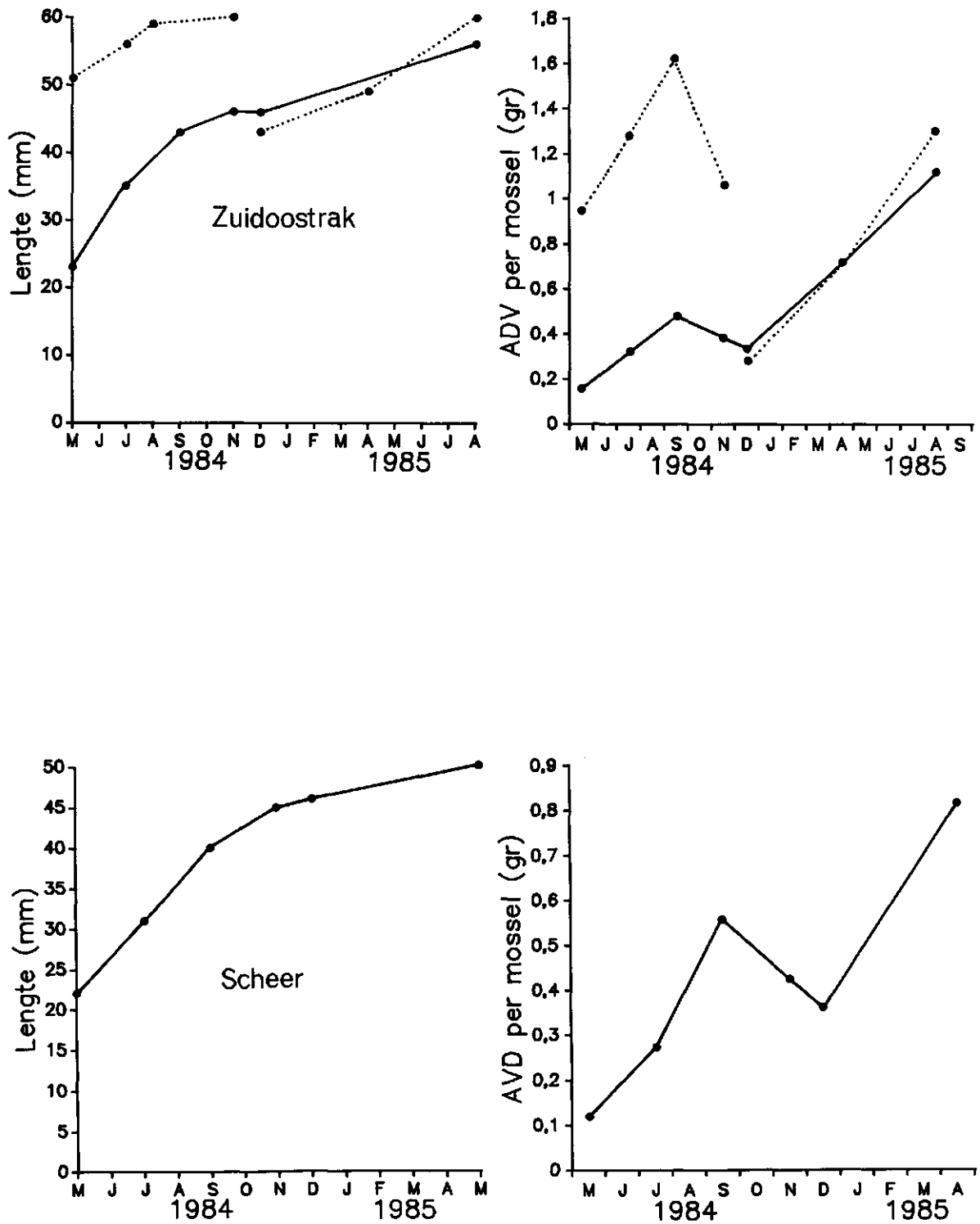
Plaats	Periode	Lengtegroei in mm	Gewichtstoename g AVD/maand	Bron
Linne	juli-dec. 1966	1-43		Mason 1969
Mhuirich	jan.-juni 1967	43-61		
Schotland	juli-sep. 1967	61-67		
Loch Tournaig	juli-dec. 1966	1-28		
Schotland	mei 1966-mei 1967	31-45		
	mei 1967-mei 1968	45-55		
Ooster- schelde	mei-sept. 1983		0,09-0,14	Smaal et al. 1986
	apr.-okt. 1985		0,11	Smaal et al. 1986
Nederland	juni-nov. (zaad)	25-45		Van Stralen
	juni-nov. (halfw.)	50-60		(pers.comm.)
Dartmouth	ma. 1971-ma. 1972	17-48		Freeman & Dickie
N. Scotia	ma.-okt. 1972	48-59		1979
Canada	ma.-1971-ma. 1972	57-67		
Killary Harbour Ierland	mei-okt. 1981	20-43	0,04-0,44	Rodhouse et al.
	mei-aug. 1981	?	0,11	1984
Oostzee, Vrangska Zweden	feb.-nov. 1974	25-33		Kautsky 1982
	feb.-nov. 1974	5-20		
	feb.-nov. 1974	17-28		
Ria de Arosa Spanje	9-14 maanden	1-70		Tenore et al. 1982
Waddenzee Nederland	apr.-aug. (zaad)	25-45	0,1	dit rapport
	apr.-aug. (halfw.)	50-60	0,2	dit rapport



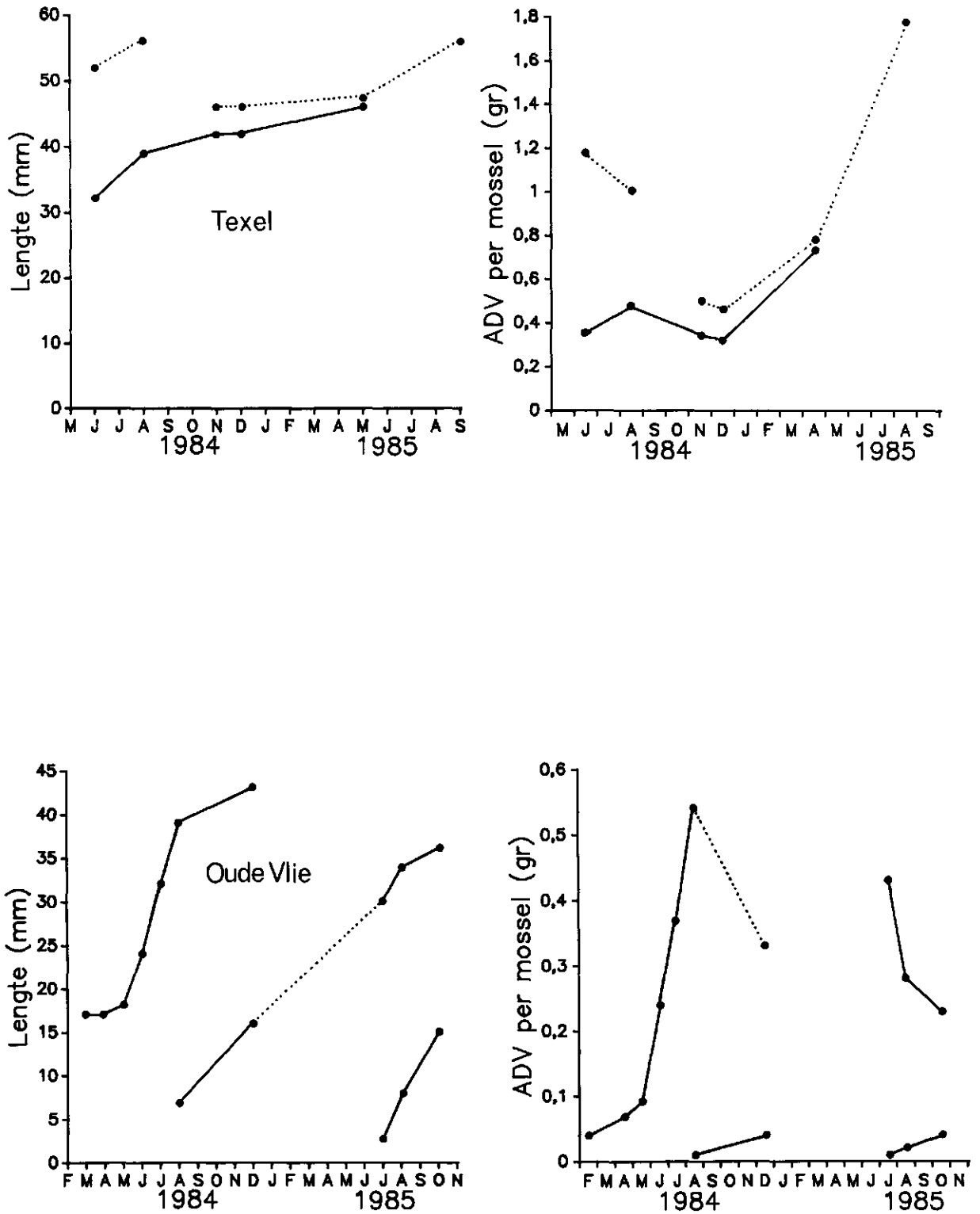
Figuur 4.2. De lengte- (links) en gewichtsveranderingen (rechts) van mosselen op twee percelen in Meep. De lijnen geven de resultaten van monsters op verschillende plaatsen op een perceel.



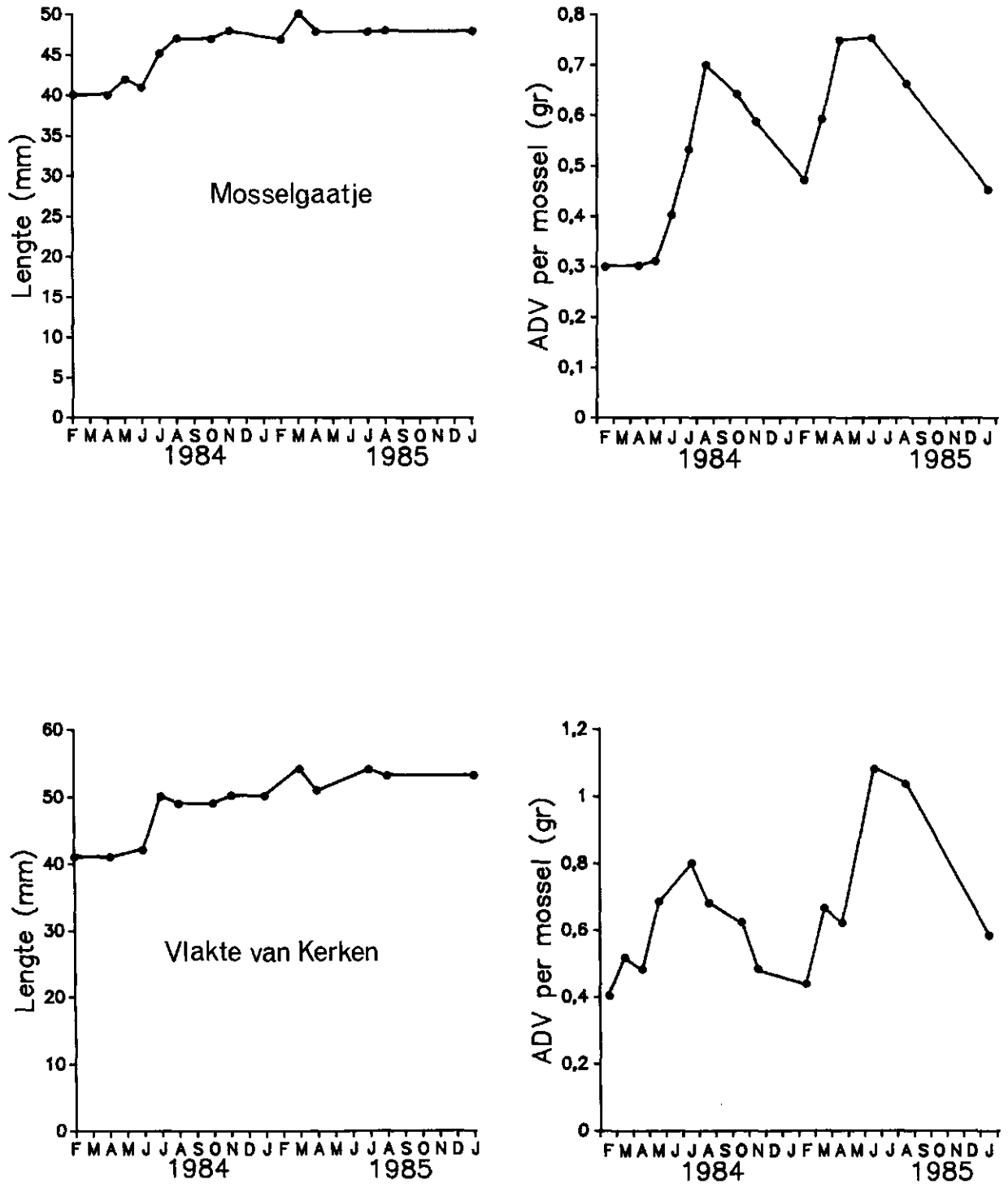
Figuur 4.3. De lengte- (links) en gewichtsveranderingen (rechts) van mosselen op percelen in Inschot en Scheurrak.



Figuur 4.4. De lengte- (links) en gewichtsveranderingen (rechts) van mosselen op een perceel in het Zuidoostrak en de Scheer.



Figuur 4.5. De lengte- (links) en gewichtsveranderingen (rechts) van mosselen op percelen bij Texel en op een wilde bank in het Oude Vlie.



Figuur 4.6. De lengte- (links) en gewichtsveranderingen (rechts) van mosselen op een wilde bank in het Mosselgaatje en op de Vlakte van Kerken.

5 HET VOEDSEL VAN DE MOSSEL

5.1 Koolstofbalansen van de westelijke Waddenzee

Zwevende organische deeltjes (POM) in het water van de westelijke Waddenzee dienen als voedselbron voor mosselen en andere filterende dieren. Het organisch materiaal kan van verschillende bronnen afkomstig zijn. De belangrijkste ervan zijn primaire produktie in het water (fytoplankton) en op de plaatbodem (fytobenthos), en invoer van particulier organisch materiaal uit de Noordzee en het IJsselmeer.

Het is tot op heden niet gelukt op grond van veldmetingen van produktie, aanvoer, consumptie door de belangrijkste diergroepen en mineralisatie door bacteriën, voor de organische stofstroom in de westelijke Waddenzee een sluitende balans op te stellen.

Een tweetal van zulke balansen op grond van koolstof (C) zijn gepresenteerd in tabel 5.1. De Wilde en Beukema (1984) vermelden een primaire produktie van $73,2 \times 10^3$ ton C op de platen (452 km^2) en $86,7 \times 10^3$ ton C in het sublitorale gebied inclusief de geulen (936 km^2). Ze gaan voorts uit van een gelijke verdeling per vierkante meter over platen en sublitoraal van het door Noordzee en IJsselmeer aangevoerde organisch materiaal.

Omdat er van mineralisatie in de bodem in het sublitorale gebied geen metingen zijn, wordt hiervoor de waarde aangehouden, die op de platen is gemeten. Voor de platen is de balans vrijwel sluitend, aanvoer en primaire produktie bedragen samen 176×10^3 ton C, de consumptie en mineralisatie 171×10^3 ton C. In het sublitoraal echter is de som van aanvoer en primaire produktie 308×10^3 ton C, terwijl er 626×10^3 ton C geconsumeerd en gemineraliseerd zou worden. Op grond van dit koolstof-deficit (ruim 300×10^3 ton C) concluderen De Wilde en Beukema dat er waarschijnlijk gedurende een gedeelte van het jaar voor het benthos voedselbeperkende omstandigheden heersen. Uit gegevens in de EMOWAD-Nota 1988 blijkt dat recente schattingen van de primaire produktie hoger uitkomen. Het totaal voor platen, sublitoraal en geulen bedraagt 510×10^3 ton C. Met de invoer van particulier organisch materiaal uit het IJsselmeer en de door Cadée (1982) geschatte invoer uit de Noordzee zou 720×10^3 ton C beschikbaar zijn. Door mineralisatie in de bodem en het water verdwijnt ruim 480×10^3 ton koolstof. In dit geval zou er een ruim voldoende aanbod aan voedsel zijn. Wat betreft de genoemde posten van de balansen bestaan echter een aantal onzekerheden. De grootte van de

Tabel 5.1. Koolstofbalans westelijke Waddenzee, naar gegevens van (A) De Wilde & Beukema (1984) en (B) Cadée (1980)/EMOWAD-I (1988) (bedragen in ton koolstof x 10³).

A) Aanvoer en produktie	Litoraal	Sublitoraal en geulen	Totaal	Consumptie	Litoraal	Sublitoraal en geulen	Totaal
Benthische primaire produktie	67,8	-	67,8	Benthische mineralisatie	153,7	327,4	
Pelagische primaire produktie	5,4	86,7	92,1	Pelagische mineralisatie	17,2	298,5	
Aanvoer Noordzee	74,6	158,9	233,5				
Aanvoer IJsselmeer	29,4	62,6	92,0				
Totaal	176,2	308,2	484,4	Totaal	170,9	625,9	
<hr/>							
B) Benthische primaire produktie	169,5	30,5	200	Benthische mineralisatie	68	144	212
Pelagische primaire produktie	20	290	310	Pelagische mineralisatie	16,8	254	270,8
Aanvoer Noordzee			165				
Aanvoer IJsselmeer			45				
Totaal			720		84,8	398	482,8

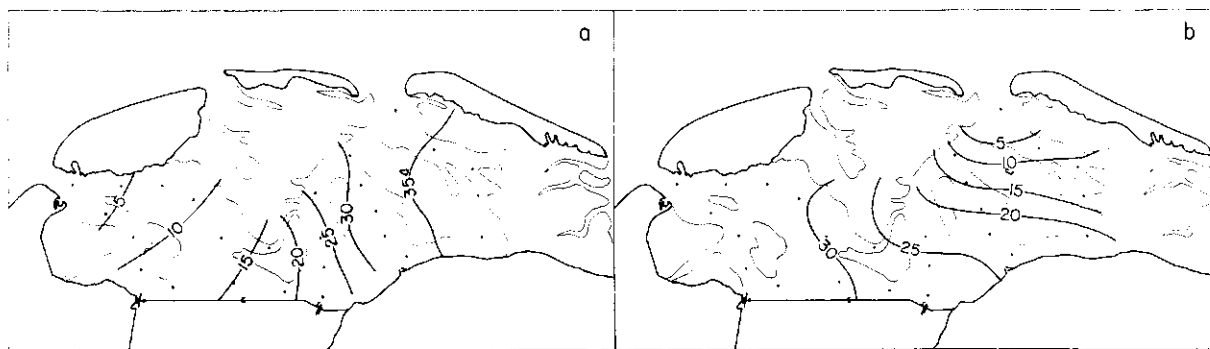
primaire produktie en transport door de zeegaten zijn de belangrijkste wat betreft de beschikbaarheid van organisch materiaal. Ook is er nog geen betrouwbare informatie over de benthische mineralisatie, met name in het sublitoraal en de geulen. Uit de grote verschillen tussen de beide gepresenteerde balansen mogen we concluderen dat nog steeds geen goed inzicht bestaat in de belangrijkste processen die zich in de westelijke Waddenzee afspelen.

5.2 Factoren die de beschikbaarheid van voedsel voor het zoöbenthos bepalen

In de vorige paragraaf zijn de bronnen vermeld, waarvan het organische materiaal in de Waddenzee afkomstig is. Nu zal worden getracht een overzicht te geven van de belangrijkste processen die het geproduceerde en aangevoerde organische materiaal daadwerkelijk beschikbaar maken als voedselbron voor filterende bodemdieren.

Van essentieel belang voor filterende organismen is het in suspensie blijven van het voedsel. Pelagische primaire produktie en aanvoer van gesuspendeerd materiaal van elders dragen direct bij aan de concentratie in de waterkolom. Door mineralisatie, bezinking en filterende dieren verdwijnt er gesuspendeerd materiaal, maar ook kunnen reeds bezonken deeltjes weer opwervelen. De primaire produktie van het fytoëbenthos vindt voornamelijk plaats op de oppervlakte van de platen. Het levert een bijdrage van 25% aan de totale aanvoer en produktie van koolstof (EMOWAD-I 1988). De op het plaatoppervlak groeiende algen kunnen van de platen loskomen en in de waterkolom terechtkomen. In suspensie kunnen ze dan door de getijdestromen over het gebied worden verspreid. Benthische algen zijn inderdaad in de waterkolom aangetroffen, maar het is niet bekend welk deel van de benthische primaire produktie op deze wijze als gesuspendeerd materiaal beschikbaar komt. In de Oosterschelde lijken de benthische algen niet belangrijk als voedselbron voor de mosselen (A.C. Smaal, pers. med.). Uit de Waddenzee is geen informatie beschikbaar over het voedsel van de mossel.

Wat betreft de verdeling van voedsel over het gebied is in eerste instantie het onderscheid tussen het litoraal en het sublitoraal van belang. Boven het litoraal (452 km^2) is gemiddeld $289 \times 10^6 \text{ m}^3$ water aanwezig. Boven het sublitoraal en de geulen is dat $4375 \times 10^6 \text{ m}^3$ (963 km^2). De gemiddelde diepte van de waterkolom boven litoraal en sublitoraal bedraagt 0,64 m resp. 4,5 m. Daardoor bevindt zich boven de



Figuur 5.1. De 'leeftijd' van Noordzeewater binnenkomend door Marsdiep (a) en Vlie (b) uitgedrukt in getijdeperioden (Zimmermann 1976).

bodem van het sublitoraal meer potentieel voedsel.

Een ander aspect betreffende de verdeling van gesuspendeerd materiaal over het gebied is de uitwisseling van het water tussen Waddenzee en Noordzee. Omdat per getijperiode geen volledige menging plaatsvindt, wordt in de Waddenzee uit de Noordzee afkomstig water van verschillende 'leeftijd' aangetroffen. Figuur 5.1 is overgenomen uit Zimmerman (1976) en geeft deze 'leeftijden' voor water binnenkomend door het Marsdiep en Vlie. Als de suspensie-eters meer consumeren dan ter plekke geproduceerd wordt, zal het oude water voedselarmer zijn dan het verse water dicht bij de zeegaten.

De turbulentie in de waterkolom is van overheersend belang voor de voedselbeschikbaarheid voor het benthos. Van het ter plaatse geproduceerde of van elders aangevoerde organische materiaal bevindt zich slechts een deel in de onderste waterlaag en is dus direct als voedsel beschikbaar. Bij voldoende turbulentie kan een constante aanvoer uit hogere delen van de waterkolom plaatsvinden en blijft het voedselaanbod op de bodem gewaarborgd. Fréchette en Bourget (1985a) voerden een onderzoek uit naar de beschikbaarheid van organisch materiaal voor een mosselbank. Hun conclusie was dat waterbewegingen bepalend zijn voor de voedselbeschikbaarheid van benthische suspensie-eters. Bij onvoldoende turbulentie kan het filterende benthos de onderste waterlaag zodanig uitputten dat daarin groeibeperkende omstandigheden ontstaan. Het optreden van voedselbeperking in de zogenaamde 'benthic boundary layer' (BBL) is aangetoond door Fréchette en Bourget (1985b). Uit hun experimenten bleek dat mosselen die 1 m boven de bodem waren opgehangen veel sneller in vleesgewicht toenamen dan mosselen op de bodem, terwijl beide groepen zich even lang onder water bevonden. In de Oosterschelde zijn

geen aanwijzingen die duiden op het bestaan van een 'benthic boundary layer' (A.C. Smaal, pers. med.). In de Waddenzee zijn er zeer lokaal langs geulranden wel aanwijzingen voor gevonden, maar op grotere schaal in ruimte en tijd is de Waddenzee waarschijnlijk zo turbulent dat de mosselen het voedsel uit de gehele waterkolom kunnen gebruiken.

5.3 De voedselopname van de mosselen in de westelijke Waddenzee

Uit figuur 3.2 en tabel 3.2 blijkt dat op de percelen in een gemiddeld jaar de hoeveelheid mosselen fluctueert tussen 44×10^6 kg in april en 120×10^6 kg tegen eind augustus. Voor de nu volgende berekening is uitgegaan van de gemiddelde hoeveelheid mosselen die in een jaar aanwezig is. Er wordt uitgegaan van een hoeveelheid van 80×10^6 kg.

Tabel 5.2. De hoeveelheid mosselen op 70 km^2 mosselperceel. De geschatte percentages zaad, halfwas en consumptiemosselen zijn naar een model van Zuidema (1988).

Gemiddelde situatie	
$80 \times 10^6 \text{ kg}$ ($4 \times 10^6 \text{ kg AVD}$)	
Zaad	8 % = 321 ton AVD
Halfwas	51 % = 2030 ton AVD
Consumptie	41 % = 1652 ton AVD
Gemiddeld	57.2 g AVD/m ²
Dit is	22.9 g koolstof/m ²

Op basis van deze gegevens kan de rol van de mossel gekwantificeerd worden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de door Coosen en Smaal (1985) gepresenteerde informatie betreffende de bepaling van de individuele activiteit.

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in tabel 5.3. De hoeveelheid afgefiltreerd water per mossel is afhankelijk van het gewicht

van de mossel en wordt berekend met de formule: pompcapaciteit = $2,21 W^{0,56}$, waar voor W het gewicht in mg ingevuld moet worden (Bayne & Newell 1983). Bij de berekening wordt ervan uitgegaan dat in de Waddenzee gemiddeld 42,5 mg zwevende stof per liter aanwezig is (De Wit et al. 1982). Mosselen op percelen pompen 24 uur per dag en filtreren alle zwevende stof in het water. Een groot gedeelte van de zwevende stof wordt weer uitgescheiden als pseudofaeces. Volgens Verhagen (1983) wordt alle zwevende stof boven een bepaalde drempelwaarde uitgescheiden. Ook deze drempelwaarde is afhankelijk van het gewicht van de mossel, en wordt berekend met de formule $D = 1,36 W^{0,2}$. Zo kan de dagelijks geproduceerde hoeveelheid pseudofaeces berekend worden. De werkelijk geconsumeerde hoeveelheid wordt berekend door de hoeveelheid pseudofaeces af te trekken van de afgefilterde hoeveelheid.

Tabel 5.3. Berekening van de door mosselen geconsumeerde hoeveelheid zwevende stof (hoeveelheden per mossel).

	lengte (mm)	gewicht (g)	pompcapa- citeit liter/uur	filtratie zwevend st. mg/dag	drempel- waarde mg/liter	pseudo- faeces mg/dag	con- sumptie mg/dag
zaad	7-30	0,23	0,97	989	4,04	895	94
halfwas	30-45	0,47	1,45	1479	4,66	1316	163
consump.	>45	1,12	2,35	2402	5,54	2090	312

In de Waddenzee bestaat het zwevend materiaal in de zomer voor $\pm 15\%$ uit organisch materiaal (Cadée 1982). Als ervan wordt uitgegaan dat mosselen niet actief selecteren uit het afgefilterde materiaal, wordt er dus door een zaad, halfwas en consumptiemossel resp. 14,1, 24,4 en 46,8 mg particulier organisch materiaal geconsumeerd. Recent onderzoek van Smaal et al. (A.C. Smaal, pers. med.) lijkt echter aan te tonen dat mosselen wel in staat zouden zijn waardevol materiaal actief uit het aangeboden zwevend materiaal te scheiden. In de huidige rapportage wordt er voorlopig van uitgegaan dat er geen selectie optreedt.

Op grond van de in tabel 5.2 berekende hoeveelheid mosselen kan nu dus ook consumptie aan organisch materiaal van alle mosselen op de percelen berekend worden. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat 1 g POM 0.4 g koolstof

bevat. De geconsumeerde hoeveelheid is weergegeven in tabel 5.4 voor de gemiddeld aanwezige hoeveelheid mosselen op de percelen.

Tabel 5.4. De berekende consumptie van particulier organisch materiaal (POM) op de mosselpercelen (70 km^2)

Zaad	19,7 ton POM/dag
Halfwas	105,4 ton POM/dag
Consumptie	69,0 ton POM/dag
 Totaal	 194,1 ton POM/dag
 Dit is	 405 g koolstof/ m^2 /jaar

Buiten de mosselpercelen komen mosselen voor op droogvallende en sublitorale banken. Zoals eerder besproken vertoont deze populatie jaarlijks grote fluctuaties. Voor een berekening van effecten die de totale mosselpopulatie heeft op het waddenecosysteem zijn de volgende uitgangspunten genomen (zie hoofdstuk 3).

- Op de mosselpercelen bevindt zich een hoeveelheid van $80 \times 10^6 \text{ kg}$ mosselen ($4 \times 10^6 \text{ kg}$ AVD).
- Op de droogvallende platen is de gemiddelde mosselbiomassa $10 \times 10^6 \text{ kg}$ ($0,5 \times 10^6 \text{ kg}$ AVD).
- In het sublitoraal buiten de percelen is de mosselbiomassa $204 \times 10^6 \text{ kg}$ ($10,2 \times 10^6 \text{ kg}$ AVD).

In tabel 5.5 is de rol van de mossel in de westelijke Waddenzee gekwantificeerd. Dit is op vergelijkbare wijze gedaan als Coosen en Smaal (1985) voor de Oosterschelde hebben gedaan. De 'standing stock' is onderverdeeld in zaad, halfwas en consumptiemosselen. Op dezelfde wijze als in tabel 5.3 is de activiteit van deze groepen berekend. Voor de mosselen buiten de percelen wordt uitgegaan van een verdeling van 15% zaad-, 35% halfwas- en 50% consumptiemaat met gemiddelde individuele gewichten van resp. 0,15, 0,47 en 1,12 g AVD (Zuidema 1988). De verdeling over de grootteklassen en de gemiddelde individuele gewichten zijn wezenlijk anders dan door Coosen en Smaal voor de Oosterschelde werden aangehouden. Voor de mosselen op droogvallende banken is ervan uitgegaan

Tabel 5.5. De invloed van de totale mosselpopulatie in de westelijke Waddenzee, onderverdeeld in mosselpercelen, droogvallende en onder de laagwater (LW) -lijn gelegen banken (minus de geulen en de mosselpercelen).

	Mossel- percelen	Droogvallende banken	Onder LW-lijn gelegen banken	Totaal
Oppervlakte (km ²)	70	396	683	1149
Biomassa (ton AVD)	4000	500	10200	14700
	ton/dag	ton/dag	ton/dag	ton/dag
1 Seston filtratie	10679	1107	30075	41861
2 POM filtratie	1602	166	4513	6281
3 Pseudofaeces produktie	9425	983	26708	37116
4 Faeces produktie	1175	115	3150	4440
5 Consumptie POM	187	19	506	712
6 Assimilatie POM	77	9	218	304
7 Respiratie POM	41	4	111	156
8 Produktie POM	36	5	108	149

dat ze 18 uur per dag onder water staan en kunnen pompen. Uit de tabel blijkt dat gemiddeld 27% van de consumptie van POM veroorzaakt wordt door mosselen op de percelen. De door de mosselen geleverde produktie bedraagt 149 ton POM per dag. Uitgaande van een gemiddelde biomassa van 0,56 g (AVD) per mossel zijn er 26×10^9 mosselen aanwezig. Per individuele mossel zou dan dagelijks een groei van 5,7 mg mogelijk zijn. Dit komt goed overeen met de in de Waddenzee berekende groei (tabel 4.4).

Uit het EMOWAD-model (EMOWAD-I 1988) komt de volgende koolstofbalans voor de gehele westelijke Waddenzee (alles in 10^3 ton C):

Invoer IJsselmeer	45 ± 5
Pelagische primaire produktie	310 ± 95
Benthische primaire produktie	200 ± 100
Totaal	555 ± 200

Het model geeft gemiddeld een dagelijkse produktie van 1521 ± 548 ton C. Volgens Cadée (1982) komt 40% hiervan vrij als opgelost materiaal, zodat er nog 913 ± 329 ton overblijft als POC. Dit komt overeen met 2282 ton POM. Volgens de tabel is voor de consumptie van de mosselen al 712 ton per dag nodig. Dit is 31% van de primaire produktie. De mosselen op de percelen consumeren ongeveer 8% van de primaire produktie. Onder consumptie wordt verstaan het gedeelte dat ook werkelijk wordt opgenomen.

In voorjaar en zomer is de primaire produktie veel hoger dan dit gemiddelde zodat er dan voldoende voedsel aanwezig is. In de nazomer is de mosselpopulatie echter het grootst en neemt de primaire produktie af. Het percentage organisch materiaal in het zwevend materiaal neemt dan ook af tot $\pm 3\%$ (Cadée 1982). De mosselen moeten dan dus relatief veel energie besteden aan het scheiden van slib en voedsel. Over de grootte van de primaire produktie in de periode augustus/september is weinig bekend. Cadée (1984) geeft wel een aantal jaarcyclussen, maar die vertonen een grote variatie en zijn verzameld in het Marsdiep. Het is de vraag of dat monsterpunt representatief is voor de Waddenzee. In het kader van de EMOWAD-studie zijn gedurende een jaar verschillende bepalingen gedaan, en die geven een relatief lage primaire produktie in de periode na augustus.

Het grootste deel van het door de mosselen afgefilterde organisch materiaal (6281 ton/dag; zie tabel 5.5) komt in de pseudofaeces terecht. Die hoeveelheid is veel groter dan de dagelijkse primaire produktie. Er is niets bekend over het belang van opgewervelde pseudofaeces als voedsel voor de mosselen, maar het moet aanzienlijk zijn. In deze rapportage wordt ervan uitgegaan dat alle organisch materiaal uit de pseudofaeces op korte termijn weer beschikbaar is in de waterkolom en dus niet permanent verloren is voor de bodemdieren. In werkelijkheid zal een deel van het organisch materiaal wel onder de mosselen blijven liggen.

6 DE INVLOED VAN MOSSELEN OP HET ESTUARIENE ECOSYSTEEM

6.1 Invloed op de slib- en nutriëntenhuishouding

Zoals eerder beschreven, filtreren mosselen grote hoeveelheden water. Het merendeel van het zwevend materiaal wordt als faeces en pseudofaeces door de mossel vastgelegd. In de westelijke Waddenzee is dat ruim 40 000 ton per dag (tabel 5.5). Het is niet bekend hoeveel van dit materiaal weer direct in suspensie komt, maar een deel vormt een laag slik met hoge concentraties organisch materiaal onder en rond een mosselbank. Het uiteindelijk belang in de slibhuishouding van de Waddenzee is niet bekend.

Uit recent onderzoek (Dankers et al. 1989, Jongsma 1987) is gebleken dat mosselbanken zeer actief zijn in de afbraak van organisch materiaal. De activiteit komt maar ten dele van de mosselen, want de micro-organismen en meiofauna in de pseudofaeces zijn veel belangrijker. Een vierkante meter mosselbank kan wel 4 g zuurstof per uur opnemen. In een periode met weinig wind en stroom kan dit problemen opleveren, en kan het water bij mosselpercelen zuurstofloos worden. Mosselen kunnen zeer goed tegen tijdelijke zuurstofloze condities (Dankers et al. 1986), maar voor veel andere organismen zijn deze omstandigheden desastreus. Af en toe treedt echter ook onder de mosselen sterfte op. Dit zou het gevolg kunnen zijn van het vrijkomen van zwavelwaterstof (H_2S) in anaërobe omstandigheden. Vooral kleine mosseltjes zijn erg gevoelig voor het giftige zwavelwaterstof.

De hoge zuurstofconsumptie is een maat voor de grote hoeveelheid organisch materiaal die afgebroken wordt. Omdat dit materiaal actief door de mosselen aangevoerd wordt, versnellen ze de kringloop van het organisch materiaal in de Waddenzee (De Vries & Hopstaken 1984). In 1986 en 1987 zijn op een aantal mosselbanken metingen uitgevoerd om dit proces te kwantificeren (Dame & Dankers 1988, Jongsma 1987). Hieruit blijkt dat vooral ammonia in grote hoeveelheden geproduceerd wordt. Overdag worden de stikstofverbindingen zeer snel weer opgenomen door het fytoplankton en het fytobenthos. Als de hoogte van de primaire produktie verminderd wordt door de beperkte aanwezigheid van stikstofverbindingen, zal een mosselbank dus stimulerend werken op de primaire produktie, tenzij de fytoplanktonbiomassa door de mosselvraat te sterk gereduceerd wordt. Het versnellen van de kringlopen door de mosselen betekent dat de produktie van koolstof per jaar veel hoger zou kunnen zijn dan tot nu toe werd aangenomen. Deze vraag is slechts op te lossen door onderzoek onder goed gecontroleerde

omstandigheden.

Doordat een mosselbank een complexe structuur heeft, met afwisselend aërobe en anaërobe plaatsen, wordt de denitrificatie (verwijdering van stikstofverbindingen uit het systeem) gestimuleerd (De Vries & Hopstaken 1984). Dat wil zeggen dat mosselbanken relatief grote hoeveelheden stikstofverbindingen uit het water verwijderen en zodoende eutrofiëring tegengaan. Vooral in de westelijke Waddenzee zou dat een zeer belangrijke functie kunnen zijn. Ook voor het kwantificeren en modelleren van deze functie is onderzoek wenselijk.

6.2 Invloed op de hoeveelheid fytoplankton

Uitgaande van een mosselpopulatie van 14700 ton AVD of 294×10^6 kg versgewicht kan berekend worden dat per dag een hoeveelheid water van $920 \times 10^6 \text{ m}^3$ doorgepompt wordt. De westelijke Waddenzee bevat bij gemiddeld tijsniveau een waterhoeveelheid van $4500 \times 10^6 \text{ m}^3$. De verhouding tussen de verpompte hoeveelheid water en het totale volume is zodanig dat het reëel is te veronderstellen dat de huidige mosselpopulatie het systeem merkbaar kan beïnvloeden. In gebieden met een hoge mosseldichtheid en lange verblijftijd van het water zou deze invloed het grootste moeten zijn. Het is echter niet eenvoudig deze invloed door metingen aan te tonen. Het water in de Waddenzee blijft niet op één plaats, maar stroomt steeds heen en weer. De invloed van de mosselpercelen strekt zich dus uit door de gehele westelijke Waddenzee waar van nature al grote verschillen bestaan tussen de deelgebieden. Cadée en Hegeman (1974) hebben lage primaire produktie gemeten ten zuiden van Terschelling, zij suggereren dat de grote mosselconcentraties en de beperkte wateruitwisseling verantwoordelijk zijn voor de lage chlorofylgehalten en de lage primaire produktie.

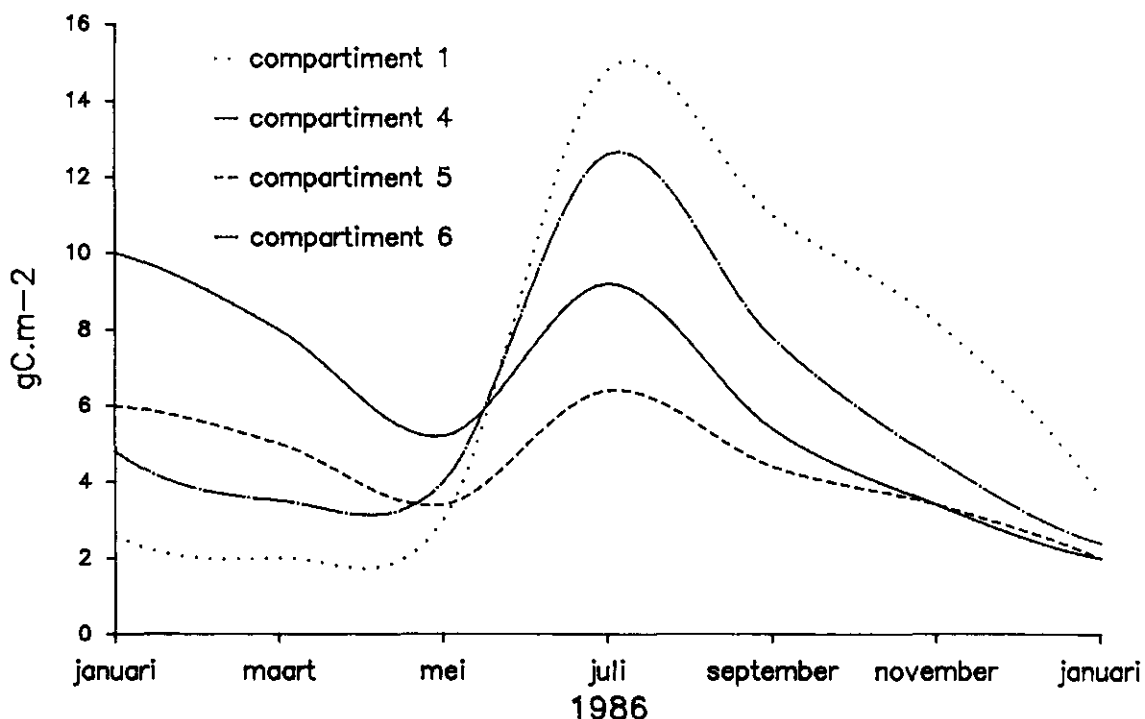
Van de effecten die een grote mosselpopulatie op het ecosysteem zou kunnen hebben, is het voedselgebruik het belangrijkste, omdat bij een eventueel beperkte hoeveelheid voedsel voedselconcurrentie met andere organismen zou optreden. Indien het beschikbare voedsel grotendeels verbruikt wordt, is dit ook van belang voor de mosselkwekers. De mosselen zullen dan niet meer maximaal groeien, en de vleespercentages zullen laag zijn buiten de perioden met een grote planktonbloei. Het door de mosselen verbruikte en voor een deel in pseudofaeces vastgelegde voedsel is echter ook niet meer beschikbaar voor de overige filterende organismen in de Waddenzee. Een verschuiving van wormen en kleine schelpdieren naar mosselen heeft ongetwijfeld gevolgen voor de functie van de Waddenzee als

kinderkamer voor Noordzeevis en foerageergebied voor vogels.

Bij het verzamelen van informatie uit vele bronnen is nagegaan of er indicaties zijn dat er ten gevolge van grote dichtheden van een bepaald type organisme zoveel voedsel wordt geconsumeerd dat de groei van die organismen zelf of andere organismen in hetzelfde gebied achterblijft.

1. Een door het RIN uitgevoerde inventarisatie (Den Hertog 1982) toonde aan dat in de buurt (tot 1 km afstand) van een groep mosselpercelen bij Texel de biomassa van de bodemdieren zeer laag was. Ook de inventarisaties van Beukema (1976) en Dekker (in manuscript) tonen aan dat in de Waddenzee arme en rijke gebieden voorkomen. Opvallend is dat de arme gebieden grenzen aan de gebieden waar op grote schaal mosselcultuur voorkomt. In dit stadium van het onderzoek is het nog niet mogelijk te zeggen of de gebieden arm zijn ten gevolge van de grote voedselconsumptie van mosselen. Misschien zijn die gebieden fysisch of geomorfologisch minder geschikt voor de vestiging van larven van bodemfauna. De mosselen worden echter als zaad of halfwasmossele uitgezet en dan spelen factoren die voor de vestiging van larven van belang zijn, niet meer mee.

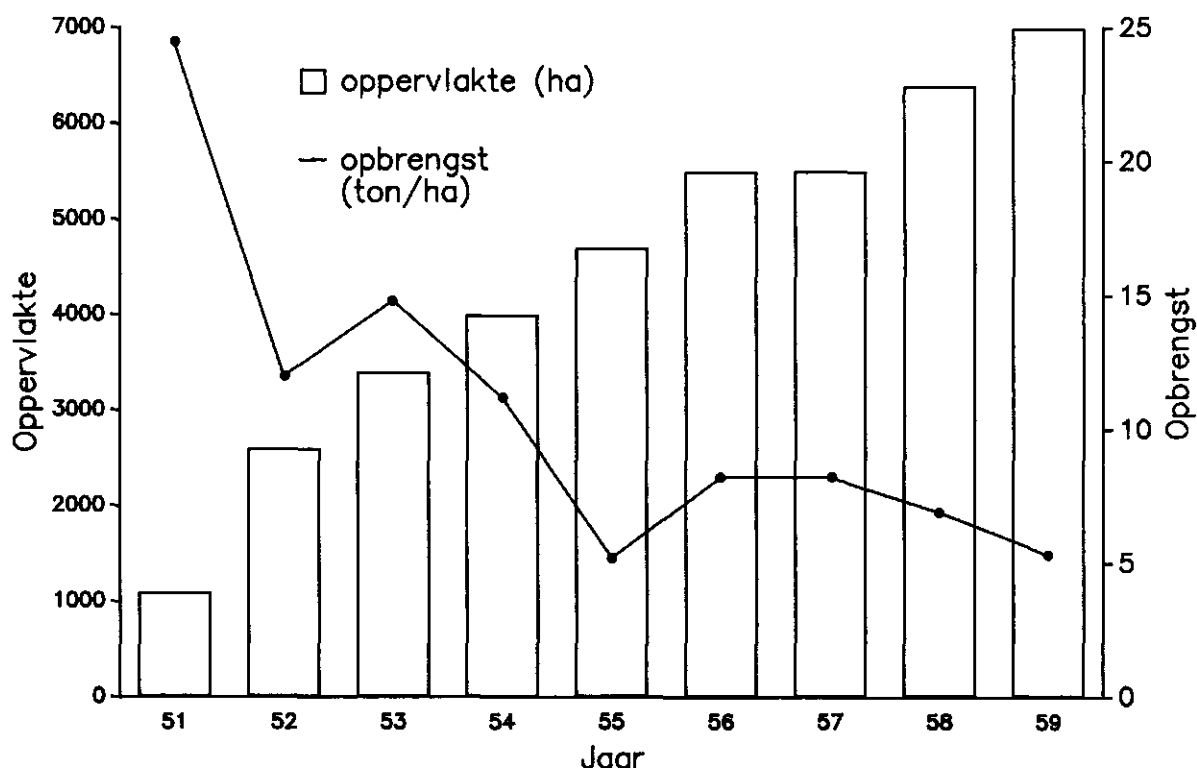
2. Er is onlangs een mathematisch model voor het ecosysteem van de westelijke Waddenzee beschikbaar gekomen. Na berekeningen met dit model, waarbij rekening gehouden wordt met een groot aantal in de Waddenzee optredende processen, bleek dat de huidige mosselpopulatie te groot zou zijn voor de Waddenzee. Er zou niet voldoende voedsel beschikbaar zijn om de mosselen het gehele jaar te laten groeien. Figuur 6.1 toont de output van het model als op 1 januari gestart wordt met een hoeveelheid mosselen die ongeveer overeenkomt met de geschatte hoeveelheid in de verschillende compartimenten. Het is duidelijk dat de mosselen in de zomermaanden goed groeien, maar dat daarna de biomassa afneemt. In het model gebeurt dat door voedselgebrek. Dat wil zeggen dat ook andere bodemdieren door voedselgebrek achteruit zullen gaan. Voordat met het model min of meer betrouwbare voorspellingen gedaan kunnen worden, moet het model op een aantal punten nog sterk aangepast worden. Voor het schatten van de juiste parameterwaarden is onderzoek onder gecontroleerde omstandigheden noodzakelijk.



Figuur 6.1. Biomassaverloop van de mosselen in een aantal compartimenten in de westelijke Waddenzee. Compartiment 1 = Marsdiep, 4 = Doove Balg/Afsluitdijk, 5 = Zuidoostrak/Boontjes; 6 = Texelstroom/Scheer. (Uit EMOWAD-I 1988).

3. Toen in 1951 slechts 1000 ha mosselperceel aanwezig waren, was de jaaropbrengst ongeveer 25 000 kg per ha. In 1959 was het areaal sterk uitgebreid (7000 ha) en was de opbrengst gezakt tot 5000 kg per ha. Figuur 6.2 toont de relatie tussen de opbrengsten en het totale oppervlak aan mosselpercelen in de westelijke Waddenzee. Ongetwijfeld zullen in eerste instantie vooral de betere gronden in gebruik zijn genomen, maar de zeer duidelijke correlatie zou toch nader onderzocht moeten worden. Hiervoor is medewerking van zowel mosselkantoor als individuele vissers noodzakelijk.

4. In hoofdstuk 4 is de sterke vermagering van mosselen in het najaar besproken. Opvallend is dat de gewichtsafname van individuele mosselen inzet op het moment dat de totale biomassa van mosselen maximaal is (augustus/september, zie figuren 4.2-4.8). Aangezien dat niet of veel minder gevonden wordt bij mosselen in andere gebieden, lijkt het aannemelijk dit te wijten aan de beperkte hoeveelheid voedsel t.o.v. de hoge mosselbiomassa die in het najaar beschikbaar is. De grote gewichtstoename tussen januari en eind april is echter moeilijker te verklaren.



Figuur 6.2. Relatie tussen het totale perceeloppervlak en de opbrengsten per hectare tussen 1951 en 1959 (gegevens Directie Visserijen en Mosselkantoor, uitgewerkt door H.W. van der Veer, NIOZ).

De primaire produktie is dan zeker niet hoog, maar wellicht is toch voldoende voedsel aanwezig voor de kleinere (wintersterfte + export naar Yerseke) mosselpopulatie, terwijl ook de activiteit van de overige organismen minimaal is t.g.v. de lage watertemperaturen.

5. Het optreden van voedseltekorten in gebieden met hoge dichtheden is geen uitzonderlijk verschijnsel. Bij op Texel uitgevoerde experimenten in grootschalige modelecosystemen bleek dat de meeste organismen beter groeien als door uiteenlopende oorzaken de dichtheid van de organismen werd verminderd (Scholten et al. 1987). De oorzaak was bijna altijd terug te voeren op het beschikbaar zijn van meer voedsel per individu dan in de 'natuurlijke' situatie. Ook in de Oosterschelde zijn er duidelijke aanwijzingen dat de groei van organismen niet maximaal is, en het lijkt erop dat ook daar voedseltekort een factor is. De kwaliteit van de mossel (percentage vleesgewicht) is zeer duidelijk gecorreleerd met de grootte van de primaire produktie. Ook experimenten waarbij de groei van mosselen gemeten werd, toonden aan dat mosselen zeer goed groeiden in de in principe niet zo geschikte Kom van de Oosterschelde toen daar geen andere mosselen aanwezig waren. Nadat in de Kom weer mosselen waren uitgezet,

nam de groei op de proefroosters af en was deze niet meer duidelijk beter dan de groei in de mond van de Oosterschelde.

6. Uit het buitenland is ook informatie beschikbaar die indicaties geeft dat grote hoeveelheden schelpdieren dermate veel voedsel consumeren dat invloeden op het ecosysteem merkbaar zijn. Tenore et al. (1982) bestudeerden de inhammen langs de Spaanse kust waar een uitgebreide mosselcultuur plaatsvindt. Zij concluderen dat de structuur van het ecosysteem in belangrijke mate wordt bepaald door de mosselen. Ook onderzoek in Ierland (Rodhouse et al. 1984) gaf aan dat de mosselen zoveel voedsel verbruiken dat verdere uitbreiding van de cultuur effecten geeft t.g.v. dan te verwachten voedseltekorten. In een baai langs de Australische kust kon de invloed van hoogteligging (= voedselbeschikbaarheid) op groei van droogvallende schelpdieren niet aangetoond worden omdat de populatie onder de laagwaterlijn dermate veel voedsel gebruikte dat het algemene voedseltekort de overheersende factor in de resultaten was (Peterson & Black 1987). Korringa (1956) geeft aan dat slechte groei van oesters optreedt in de Oosterschelde ($400 \times 10^6 \text{ m}^3$ inhoud) als meer dan 100×10^6 oesters aanwezig zijn. Zeer goede gegevens zijn bekend over de oestercultuur langs de Franse kust. Over een periode van 100 jaar zijn gegevens bekend van de groei, totale aantallen en geleverde hoeveelheden oesters (Heral et al. 1986). Uit deze gegevens blijkt dat bij een kleine populatie de oesters in twee jaar tot commerciële maat groeien. Bij een veel grotere oesterpopulatie in 1965 duurde dat vijf tot zes jaar. Ook de geleverde hoeveelheden houden geen gelijke tred met de grootte van de populatie. Eind vorige eeuw kon elk jaar 10 000 ton geleverd worden van een totale stock van 15 000 ton. Rond 1965 werd ± 45 000 ton geleverd terwijl er ± 180 000 ton aanwezig was. Uit visserij oogpunt wordt de huidige situatie geprefereerd maar ongetwijfeld zijn t.g.v. de toename (meer dan tien maal) van de oesterpopulatie andere organismen sterk achteruitgegaan.

Op grond van voorgaande beschouwingen kan geconcludeerd worden dat er duidelijke indicaties zijn dat bij minder mosselen of meer voedsel zowel mosselen als andere organismen beter zouden moeten groeien. Men kan ervan uitgaan dat in een normaal functionerend ecosysteem al het jaarlijks geproduceerde voedsel geconsumeerd wordt. Bij het kunstmatig stimuleren van een bepaalde diergroep zal meer voedsel door die groep opgenomen worden ten koste van andere soorten, en deze zullen dan ook slechter groeien of in lagere dichtheden voorkomen dan onder natuurlijke omstandigheden.

Alleen grootschalig onderzoek kan deze relatie kwantificeren.

In de Waddenzee is sinds het midden van de jaren zeventig een duidelijke eutrofiëring opgetreden (Van der Veer et al. 1988). Ten gevolge daarvan is de primaire produktie sterk toegenomen evenals de dichtheid en groei van de meeste bodemdieren (Beukema & Cadée 1986).

Wanneer zich in een ecosysteem door eutrofiëring (en een hiermee samenhangend toegenomen voedselaanbod) een toegenomen secundaire produktie manifesteert, kan men concluderen dat het systeemvoedsel beperkt is.

Ogenschijnlijk lijkt de mosselcultuur de trend van toegenomen algen- produktie niet te volgen. De gemiddelde aanvoer over de seizoenen 1970/71 tot en met 1986/87 bedraagt \pm 65 miljoen kg; over de seizoenen 1961/62 tot en met 1969/70 (de totale oppervlakte aan percelen is dan al maximaal) is deze 56 miljoen kg. De slechte jaren worden hoofdzakelijk veroorzaakt door verliezen door storm etc. en hebben een grote invloed op deze gemiddelde opbrengsten. In de periode tot en met 1970 zijn de opbrengsten per seizoen de 75 miljoen kg echter nooit te boven gegaan. In de periode van 1970 tot 1987 is er een tweetal topopbrengsten: 122 miljoen kg in het seizoen 1972/73 en 111 miljoen kg in het seizoen 1982/83. Het lijkt dan ook waarschijnlijk dat het toegenomen voedselaanbod van invloed is op de (potentiële) capaciteit van de mosselcultuur zodat, als de overige milieufactoren niet te grote negatieve invloeden hebben, een grote hoeveelheid mosselen gekweekt kan worden in de westelijke Waddenzee.

7 SPECIFIEKE EFFECTEN VAN DE MOSSELCULTUUR

In de vorige hoofdstukken zijn de effecten van mosselen op het ecosysteem beschreven, via hun invloed op de samenstelling van het zeewater. Daarnaast is nog een aantal effecten te noemen welke direct verband houden met de uitoefening van de mosselcultuur.

7.1 Zaadvisserij

Het meest zichtbare effect op het ecosysteem dat specifiek met het uitoefenen van de cultuur samenhangt, is het gevolg van de zaadvisserij. In mei en juni vindt deze op grote schaal plaats. De hoeveelheden zaad en grotere mosselen die de afgelopen vier jaar zijn gevist, zijn weergegeven in tabel 7.1

Tabel 7.1. De hoeveelheden geviste en gezaaide mosselen tijdens de zaadvisperiode in 1984 tot en met 1987.

Jaar	opgevist (x 1000 kg)			gezaaid (x 1000 kg)		
	z+o	h	c	z+o	h	c
1984	W 79375	10503	8207	73381	12096	8207
	Z 594	1458		6588	3159	
	D	3294				
1985	W 70399	4941	4896	58425	4491	4896
	Z 2404	846	198	14378	1296	198
1986	W 111180	1427	412	91441	1427	412
	Z 2404			20696		
1987	W 58734	14775	728	56141	13443	331
	Z 6087	1431		8680	2763	397

z+o = zaad + onbekend (waarschijnlijk zaad)

h = halfwasmosselen

c = consumptiemosselen

W = Waddenzee

Z = Zeeland

D = Duitsland

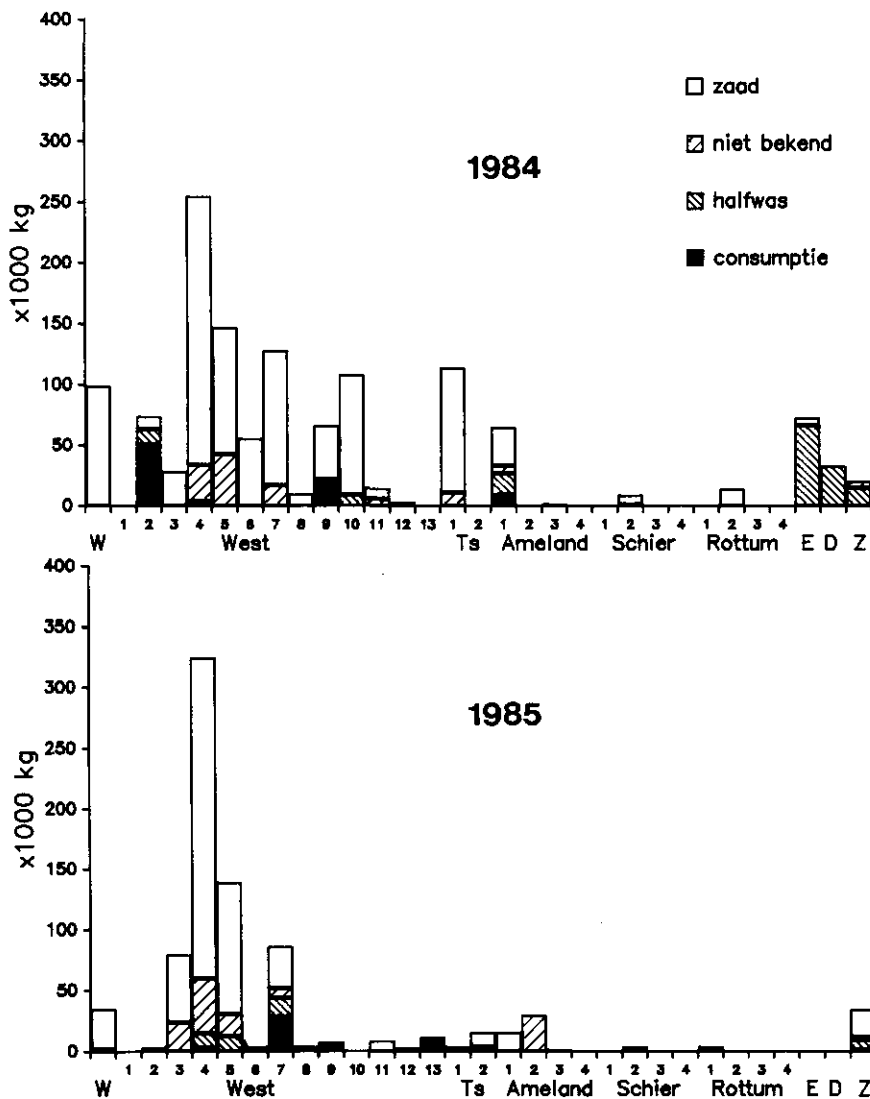
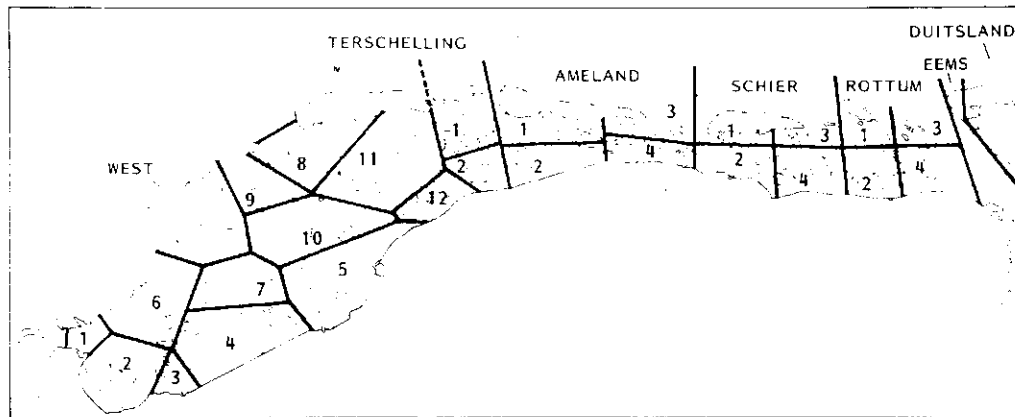
Het merendeel van het zaad wordt gevist in de westelijke Waddenzee van sublitorale banken. Een klein deel wordt opgevist van de droogvallende banken, vooral van de platen onder Terschelling en Ameland. Figuur 7.1 toont de hoeveelheden opgevist zaad voor de verschillende deelgebieden van de Waddenzee in de afgelopen vier jaar. De hoeveelheden zijn berekend aan de hand van de door de mosselkwekers ingevulde enquêteformulieren. In 1988 zijn de mosselbanken onder Ameland geïnventariseerd voor en na de zaadvisserij (Hesselink & Dodde 1988). Uit de inventarisatie bleek dat voor de zaadvisserij op 273 ha mosselbank $16,6 \times 10^6$ kg mosselen voorkwam. Hiervan werd tijdens de zaadvisserij 11×10^6 kg (66%) weggevist.

Over de effecten van de zaadvisserij op sublitorale banken is weinig te zeggen. Een groot deel verdwijnt, maar niet bekend is welk deel zonder bevissing zou blijven bestaan. Evenmin is de ontwikkeling van deze banken over een aantal jaren bekend.

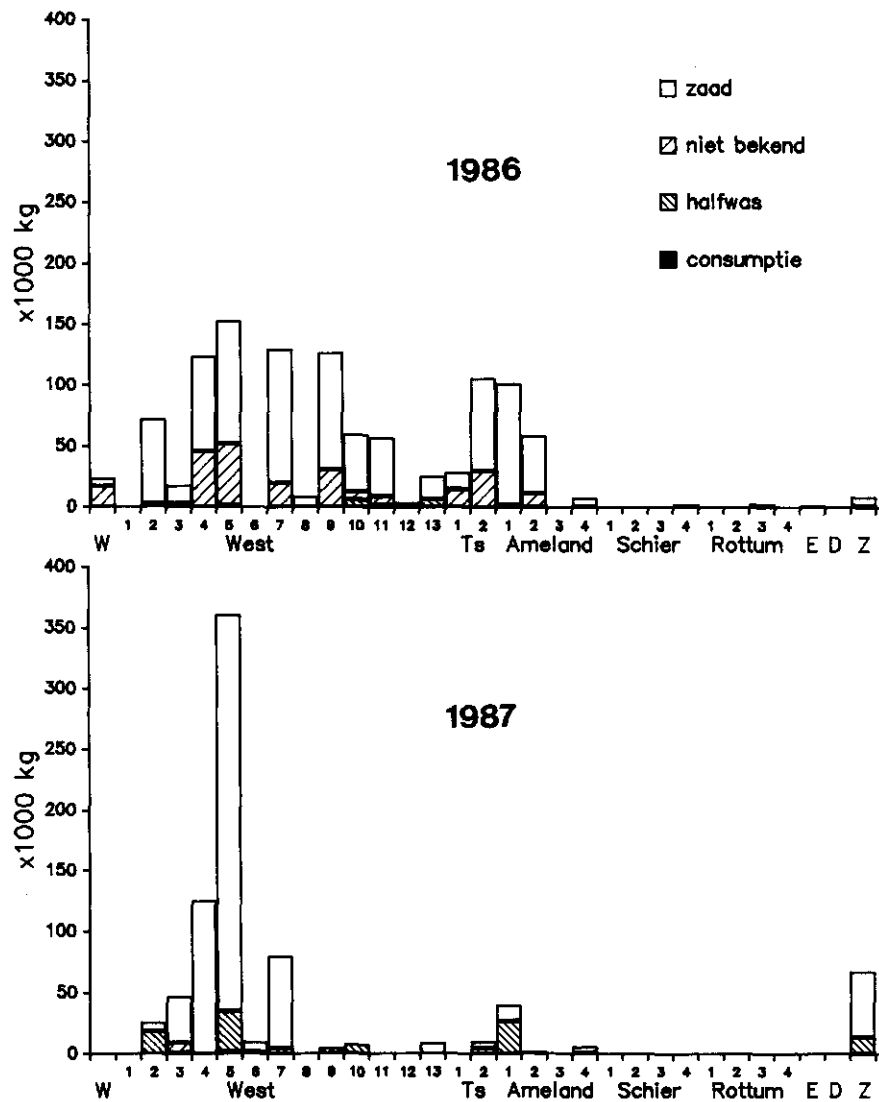
Op de droogvallende banken zijn de effecten van de zaadvisserij wel duidelijk zichtbaar. Ze worden grotendeels weggevist of zodanig aangetast dat ze minder weerstand hebben tegen ijs en storm, en later alsnog verdwijnen. Niet beviste banken lopen eveneens een groot risico te verdwijnen maar enkele ervan zouden zich ook kunnen ontwikkelen tot goed gestructureerde en voor het waddenecosysteem kenmerkende gemeenschappen.

Zelfs in 1988 toen een zeer grote hoeveelheid zaad beschikbaar was, zijn nagenoeg alle droogvallende banken in de Waddenzee bevestigd. Een aantal banken is bijna geheel verdwenen. In het gebied onder Schiermonnikoog en Rottum zijn de grootste delen van de banken blijven liggen. Er is daar naar schatting niet meer dan 10% van weggevist. Door de bevissing zijn er echter 'geulen' door de banken getrokken. Daardoor zal er bij laagwater geen water achterblijven in poelen tussen de mosselruggen. Het is daarom onwaarschijnlijk dat deze banken zich zullen ontwikkelen tot de voor de Waddenzee kenmerkende biotopen zoals beschreven door Kuenen (1942) en Van Straaten (1965).

Droogvallende mosselbanken zijn belangrijk als foerageerplaats voor vogels. De gevolgen van het vissen van een mosselbank voor de erop foeragerende scholeksters zijn experimenteel bestudeerd (Meesters & Münninghoff 1986). Daarbij bleek dat er na het wegvissen zoveel gemakkelijk te verkrijgen mosselen overbleven dat gedurende een aantal weken het aantal foeragerende vogels sterk toenam. Verdwijnt een bank echter later definitief dan heeft dit een nadelig gevolg voor het voedselaanbod voor vogels. Naar dit aspect wordt onderzoek verricht door de Universiteit van Groningen.



Figuur 7.1. De hoeveelheid opgevisste mosselen in de zaadvisperiode van 1984 en 1985. De hoeveelheden per deelgebied zijn berekend aan de hand van ingevulde enquêteformulieren. Op de horizontale as van de grafieken zijn de deelgebieden weergegeven. W = Waddenzee, deelgebied onbekend, T = Terschelling, E = Eems, D = Duitsland, Z = Zeeland.



Figuur 7.1. De hoeveelheid opgevisste mosselen in de zaadvisperiode van 1986 en 1987. De hoeveelheden per deelgebied zijn berekend aan de hand van ingevulde enquêteformulieren. Op de horizontale as van de grafieken zijn de deelgebieden weergegeven. W = Waddenzee, deelgebied onbekend, T = Terschelling, E = Eems, D = Duitsland, Z = Zeeland.

7.2 Percelen met hoge biomassa

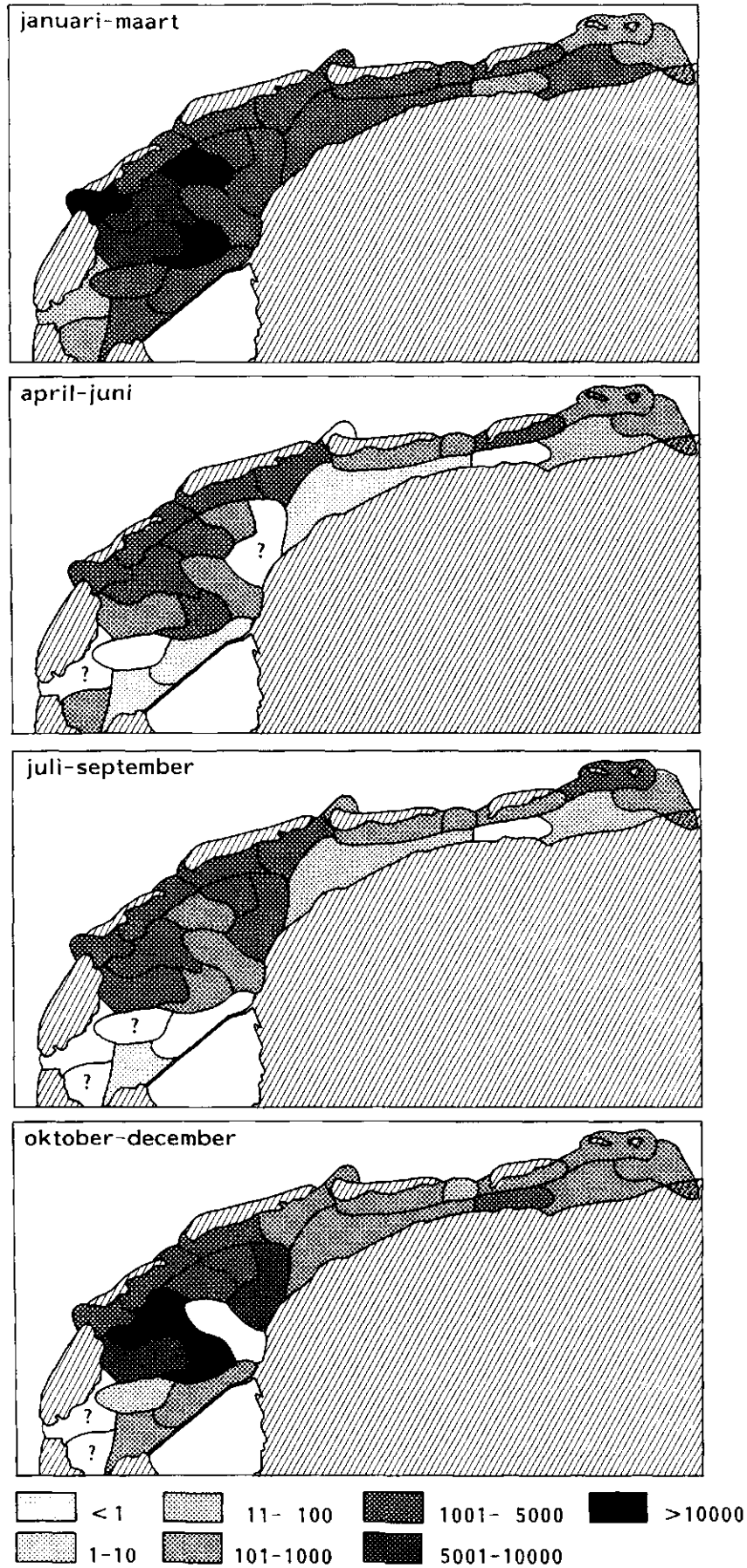
De mosselpercelen kenmerken zich door een hoge biomassa aan mosselen. Activiteiten als het storten van zaad of het verzaaien van halfwas hebben sterfte onder de mosselen tot gevolg. Afvaleters zoals paling en strandkrab, maar ook zeesterren worden hierdoor aangetrokken.

Het feit dat op de percelen grote hoeveelheden gemakkelijk verkrijgbare mosselen liggen, heeft tot gevolg dat er grote hoeveelheden eidereenden foerageren. Gedurende de winter kunnen 80 000-120 000 eidereenden de Waddenzee bevolken (Swennen 1976). Tellingen uit de winter van 1982/83 suggereren dat veel eidereenden aanwezig zijn rond de mosselgebieden in de westelijke Waddenzee (fig. 7.2, Platteeuw, in prep.). Smit (1980) geeft als waarde voor de Basal Metabolic Rate (BMR) voor een eidereend 564 kJ per dag op. De dagelijkse consumptie bedraagt 2,5-3 maal de BMR (Smit, pers. med.): 1400-1700 kJ per dag. Dit komt ongeveer overeen met 1800 g versgewicht aan mosselen. Behalve mosselen schijnen eidereenden op de mosselpercelen ook aanzienlijke hoeveelheden krabben en zeesterren te eten (Swennen, pers. med.). Meixner (1986) meldt eveneens aanzienlijke predatie op mosselen door eidereenden in gebieden met mosselcultuur op het Duitse wad.

7.3 Effecten op de opslibbing van de Waddenzee

De mosselen leggen tijdens de groei slib vast in de vorm van pseudofaeces. Een deel van dat slib zou bij afwezigheid van de cultuur ongetwijfeld met de ebstroom naar de Noordzee teruggevoerd zijn. Als tijdens de wintermaanden de lege percelen door kwekers of stormen 'geschoond' worden, zal echter een groot gedeelte van het slib de Waddenzee weer verlaten of langs de dijken terechtkomen. Het RIN doet geen onderzoek naar de slibhuishouding van de Waddenzee en kan daarover dus geen uitspraken doen.

Op en rond percelen is de dikte van de sliblaag gemeten. Het blijkt dat direct buiten de percelen een normale zandbodem aanwezig is (Dankers & Zegers, in voorber.). Alleen als percelen in een geul lagen, kon in de geulbodem in het verlengde van de percelen een hoger slibgehalte aangetoond worden. Het effect van de mosselcultuur op de slibhuishouding van de Waddenzee kan met de huidige kennis nog niet gekwantificeerd worden.



Figuur 7.2 De verspreiding van de eidereend in de westelijke Waddenzee
(Platteeuw, in prep.)

7.4 Activiteiten

Tijdens het leegvissen van de percelen en het verzaaien treedt troebeling van het water op. Ook worden percelen geschoond door het afgezette slib op te wervelen en door de getijstroom te laten afvoeren.

Dit heeft een aantal ecologische effecten die als negatief beoordeeld moeten worden. Over de effecten van het opwoelen van sediment bestaat een uitgebreide literatuur (Anonymus 1981; Van der Veer et al. 1985). Indien de omvang van deze effecten mag worden vergeleken met die van de zandwinning in de Waddenzee of het dumpen van baggerspecie, dan kan het effect van leegvissen van percelen als verwaarloosbaar worden beschouwd (Anonymus 1981).

Indien zeehondenligplaatsen langs een geul liggen die van percelen naar een hoofdvaarwater loopt, zullen ze regelmatig verstoord worden (Reijnders, in voorber.). Ook maakt aanleg van percelen op en bij zeehondenligplaatsen deze gebieden voor de zeehonden onbruikbaar.

Indien de geul naar een mosselperceel slikkiger wordt, zullen de zeehonden uit die geul verdwijnen. Deze situatie heeft zich voorgedaan in de Oude Zuid Meep. Het is niet duidelijk of het slikkiger worden van de geul te wijten is aan de mosselpercelen die daar aangelegd zijn, of dat het nog een aanpassing is aan het afsluiten van de Zuiderzee. Als gevolg daarvan breidt het stroomgebied van het Marsdiep zich uit en wordt het stroomgebied van het Vlie kleiner.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Conclusies

- In de westelijke Waddenzee ligt een hoeveelheid mosselen die het watervolume van de westelijke Waddenzee binnen een week kan doorpompen. Door deze activiteit worden grote hoeveelheden voedsel en slib uit het water gezeefd en als mosselbiomassa, faeces en pseudofaeces vastgelegd.
- Het effect van de mosselen op de slibhuishouding van de Waddenzee kan met de huidige kennis nog niet worden begrepen, laat staan gekwantificeerd worden.
- Voedsel dat door de mosselen opgenomen wordt, is niet meer direct beschikbaar voor overige organismen. In de zomer lijkt er voldoende voedsel voor alle organismen beschikbaar te zijn omdat de mosselen en andere organismen dan goed groeien. Na augustus neemt de conditie van de mosselen sterk af. Dit wijst op voedseltekorten in het najaar. De snelle gewichtstoename in de winter en het vroege voorjaar is niet goed verklaarbaar.
- De gemiddelde opbrengst per hectare is zeer sterk afgenomen met de toename van de totale oppervlakte aan percelen. In hoeverre voedselschaarste de oorzaak is, kan slechts worden aangetoond indien individuele mosselkwekers van een beperkt aantal percelen gegevens voor een reeks van jaren beschikbaar willen stellen.
- In gebieden met veel mosselpercelen worden relatief lage biomassa's van andere bodemdieren gevonden. Het is niet duidelijk of dit een gevolg is van de mosselpercelen, of dat deze gebieden om andere redenen niet optimaal zijn voor de overige bodemfauna. Er is een zeer sterke relatie tussen de dichtheid van bodemfauna en het belang van een gebied als kinderkamer van Noordzeevis (Bergman et al. 1988). Mosselen zijn minder geschikt als voedsel voor de meeste Noordzeevissoorten.
- Uitsluitend vanuit de voedselsituatie bezien zou buiten de bestaande percelen in de westelijke Waddenzee nog ruimte zijn voor mosselcultuur. Er moet daar dan wel rekening gehouden worden met negatieve effecten op de groei van andere organismen, en de kwaliteit van de mosselen zal in het najaar verder afnemen. Of er in de westelijke Waddenzee nog plaatsen zijn die cultuurtechnisch geschikt zijn, kan door het RIN niet beoordeeld worden.
- Het wiskundig model van het ecosysteem van de westelijke Waddenzee is momenteel nog niet geschikt voor het voorspellen van de gevolgen van

veranderingen in de hoeveelheid mosselcultuur en het bepalen van de 'draagkracht' van de Waddenzee.

- De zaadvisserij is alleen gereguleerd wat betreft de tijd van het jaar dat er gevist mag worden. Daardoor worden nagenoeg alle droogvallende banken in meer of mindere mate bevestigd. Het bevestigen van droogvallende zaadbanken heeft tot gevolg dat zeer vele voor de Waddenzee karakteristieke banken verdwijnen of zich niet op een natuurlijke manier kunnen ontwikkelen. Op korte termijn (enkele weken) zijn er geen negatieve effecten voor de vogels, maar indien het totale oppervlak aan mosselbanken afneemt, zal dat een vergelijkbare afname van o.a. het aantal scholeksters kunnen betekenen.

Aanbevelingen

- Om meer inzicht te krijgen in de achtergronden van de achteruitgang van de mosselgewichten in het najaar, en de toename in winter en voorjaar is nader onderzoek noodzakelijk. Bij dit onderzoek moeten ook andere tweekleppigen zoals kokkels en nonnetjes betrokken worden.

- Het verband tussen het voorkomen van mosselpercelen en de biomassa's van andere bodemdieren is nauwelijks onderzocht. Ook moet de relatie tussen de dichtheid van bodemfauna en het belang van een gebied als kinderkamer voor Noordzeevis beter bestudeerd worden. Uitvoering van dit type onderzoek is essentieel voordat gefundeerde beslissingen over de toelaatbaarheid van vestiging van mosselpercelen in de oostelijke Waddenzee genomen kunnen worden.

- Om het ecosysteemmodel van de westelijke Waddenzee bruikbaar te maken voor het begrijpen van de effecten van de mosselcultuur en bij het bepalen van het beleid inzake de mosselcultuur is in eerste instantie verder onderzoek noodzakelijk naar de uitwisseling tussen water en bodemlaag. Ook moet de mosselbank als geheel (inclusief sliblaag en overige organismen) nader gemodelleerd worden. Vooral de functie van de mosselbank in de nutriëntencyclus en eventuele stimulering van primaire produktie en denitrificatie is nog nauwelijks bekend. Het merendeel van het noodzakelijk onderzoek kan uitgevoerd worden in zogenaamde modelecosystemen. Voor dit onderzoek ontbreken bij het RIN momenteel de financiën en mankracht. Het kan in internationaal verband aangepakt worden omdat de vraagstelling naar de draagkracht van kustwateren in veel Europese kustgebieden van belang is.

- Om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen produktie van de

mosselcultuur en oppervlak aan percelen (= ca. hoeveelheid mosselbiomassa) is het noodzakelijk om van een aantal individuele percelen het produktieverloop vanaf de jaren vijftig te volgen in relatie tot de uitbreiding van het areaal in het gebied eromheen. In zo'n analyse moet ook gelet worden op veranderingen in cultuurwijze die mogelijk het gevolg is van uitbreiding van het areaal: minder tijd voor zeesterrenbestrijding/schoonvissen, dunner/dikker zaaien en toename scheepscapaciteit, marktmechanismen etc. Alleen analyse van aanvoer-statistieken is dan ook niet voldoende, maar er is aanvullende informatie van individuele kwekers nodig. Dit type onderzoek ligt meer op het terrein van het RIVO dan van het RIN.

- Het ontbreken van goede biomassaschattingen van mosselen en kokkels is een van de lacunes in het onderzoek naar de koolstofstromen in de Waddenzee. Deze gegevens vormen de basis voor draagkrachtstudies en daaraan gekoppelde modelvorming (DGW, NIOZ, RIN) maar ook voor het beleid dat t.a.v. de mosselcultuur en kokkelvisserij wordt gevoerd (Directie van de Visserijen, NMF). Het verzamelen van genoemde gegevens in het kader van een monitoringprogramma dient een hoge prioriteit te hebben. Een studie naar de mogelijkheden van 'remote sensing' en gebruik van 'sonar' verdient aanbeveling.

- Om een inzicht te krijgen in de ontwikkeling van beviste en niet-beviste droogvallende zaadbanken dient een aantal natuurlijke banken voor de visserij gesloten te worden. Het onderzoek aan de ontwikkeling van beviste en niet-beviste banken dient uitgevoerd te worden in samenhang met monitoringprogramma's waarbij benthische organismen en vogels bestudeerd worden op zgn. ecoplots.

9 DANKWOORD

Bij het verzamelen van de gegevens die noodzakelijk waren voor het schrijven van deze rapportage zijn veel mensen betrokken geweest. Het veldwerk werd mede uitgevoerd door M.A. Binsbergen, R. Dame, J. Wensink, B. Reitsma, W. den Hertog en de bemanningen van Phoca, Krukel, Slenk, Cornelis Bos en Stormvogel. Verder werd uitgebreid geput uit al dan niet gepubliceerde informatie van medewerkers van RIVO, DGW, DIHO, NIOZ en TNO. Vooral A. Smaal, M. van Stralen, R. Dijkema, H. van der Veer en D. Zuidema moeten genoemd worden omdat ze hebben bijgedragen aan de inhoud van deze rapportage en door hun kritiek op eerdere versies de leesbaarheid zeer hebben verbeterd.

Gedurende de opzet en de eerste fase van het onderzoek werd het begeleid door een stuurgroep bestaande uit J. Beukema, A. Drinkwaard, K. Essink, J. Holstein, R. Laane, H. Lindeboom, P. Soons, J. de Vlas, P. de Wolf en W. Wolff.

LITERATUUR

- Anonymus 1981. Zandwinning in de Waddenzee. Resultaten van een hydrografisch-sedimentologisch en biologisch-ecologisch onderzoek. Rijkswaterstaat dir. Friesland. 40 p.
- Bayne, B.L. & R.C. Newell 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In: K.M. Wilbur (ed.), The Mollusca Vol. III, Academic Press, New York. 407 p.
- Bergman, M.J.N., A. Stam & H. van der Veer 1988. Abundance and growth of 0-group plaice (Pleuronectes platessa) in relation to food abundance in a coastal nursery area. EMOWAD II, NIOZ-rapport 1988-11: 123-132.
- Beukema, J.J. 1976. Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. Neth J. Sea Res. 10: 236-261.
- Beukema, J.J., W. de Bruin & J.J.M. Jansen 1978. Biomass and species richness of the macrobenthic animals living in the tidal flats of the Dutch Wadden Sea: Long-term changes during a period with mild winters. Neth. J. Sea Res. 12: 58-77.
- Beukema, J.J. & G.C. Cadée 1986. Zoobenthos responses to eutrophication of the Dutch Wadden Sea. Ophelia 26: 55-64.
- Cadée, G.C. 1980. Reappraisal of the production and import of organic carbon in the Western Wadden Sea. Neth J. Sea Res. 14: 305-322.
- Cadée, G.C. 1982. Tidal and seasonal variation in particulate and dissolved organic carbon in the western Dutch Wadden Sea and Marsdiep tidal inlet. Neth. J. Sea Res. 16: 228-249.
- Cadée, G.C. & J.J. Hegeman 1974. Primary production of phytoplankton in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 8: 240-259.
- Coosen, J. & A. Schoenmaker 1985. Biomassaberekeningen van het mosselbestand in de Oosterschelde. Balansrapport 1985-3. Deltadienst Middelburg.
- Coosen, J. & A.C. Smaal 1985. Jaargemiddelde biomassa en activiteit van de dominante bodemdieren in de Oosterschelde. Balansrapport 1985-12. Deltadienst Middelburg.
- Dame, R.F. & N. Dankers 1988. Uptake and release of materials by a Wadden Sea mussel bed. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 118: 207-216.
- Dankers, N., K. Kersting, M. Binsbergen & K. Zegers 1986. De effecten van het stoppen van de stroming op een mosselbank. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. RIN-rapport 86/2.
- Dankers, N., R. Dame & K. Kersting 1989. The oxygen consumption of mussel

- beds in the Dutch Wadden Sea (in press, Proc. EMBS, Barcelona).
- Dare, P.J. & D.B. Edwards 1975. Seasonal changes in fleshweight and biochemical composition of mussel (Mytilus edulis L.) in the Conwy estuary, North Wales. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 18: 89-97.
- Dekker, R. 1987. The importance of the subtidal macrobenthos as a food source for the Wadden Sea ecosystem. Proc. 5th Intern. Wadden Sea Symp., Esbjerg, Biologiske Meddelelser 37: 27-36.
- Dekker, R. 1989. The macro-benthos of the subtidal Western Dutch Wadden Sea: 1. Biomass and species richness. Neth J. Sea Res. 23: 57-68.
- EMOWAD-I 1988. Ecosysteemmodel van de westelijke Waddenzee. NIOZ-rapport 1988-1.
- Fréchette, M. & W. Bourget 1985a. Food limited growth of Mytilus edulis L. in relation to the Benthic Boundary Layer. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1166-1170.
- Fréchette, M. & E. Bourget 1985b. Energy flow between the pelagic and benthic zones: factors controlling particulate organic matter available to an intertidal mussel bed. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1158-1165.
- Freeman, K.R. & L.M. Dickie 1979. Growth and mortality of the Blue Mussel (Mytilus edulis) in relation to Environmental Indexing. J. Fish. Res. Board Can. 36: 1238-1249.
- Heral, M., J.M. Deslous Paoli & J. Prou 1986. Dynamiques de production et des biomasses des huîtres creuses cultivées (Crassostrea angulata et Crassostrea gigas) dans le bassin de Marennes Oléron depuis un siècle. ICES CM 1986/F: 41 Mariculture Committee.
- Hertog, W.H. den 1982. Onderzoek naar de effecten van de mosselcultuur op het omliggend wad. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. Intern rapport.
- Hesselink, M. & W. Dodde 1988. Inventarisatie droogvallende mosselbanken op het wantij van Ameland. Stageverslag RHLS, Vakgroep Milieukunde, Groningen. RIN Texel. Intern rapport.
- Jongsma, H. 1987. Rol van de mosselbank in het wadden ecosysteem. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. Intern rapport.
- Kamps, L.F. 1962. Mud distribution and land reclamation in the Eastern Wadden shallows. Rijkswaterstaat communications. Rijkswaterstaat, Den Haag.
- Kautsky, N. 1982. Growth and size structure in a baltic Mytilus edulis population. Mar. Biol. 68: 117-133.
- Korringa, V. 1956. Oyster culture and biological productivity. Rapp.

- P.-v. Réunion. Cons. perm. int. Explor. Mar. 140: 30-31, 59-61.
- Kuenen, D.J. 1942. On the distribution of mussels on the intertidal sand flats near Den Helder. Arch. Néerl. Zool. 6 (2/3): 117-160.
- Maas Geesteranus, R.A. 1942. On the formation of banks by Mytilus edulis L. Arch. Néerl. Zool. 6 (2/3): 283-326.
- Mason, J. 1969. Mussel raft trials succeed in Scotland. World Fishing: april.
- Meesters, E. & M. Münnhoff 1986. Effecten van het gedeeltelijk wegvissen van een mosselbank op de daarop foeragerende scholeksters (Haematopus ostralegus). Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. Intern rapport.
- Meixner, R. 1986. The predation of mussels by Eiders (Somateria mollissima) and its effects on German mussel farming. ICES: C.M. 1986/K 28. Mariculture Committee.
- Peterson, C.H. & R. Black 1987. Resource depletion by active suspension feeders on tidal flats: Influence of local density and tidal elevation. Limnol. Oceanogr. 32 (1): 143-166.
- Rodhouse, P.G., C.M. Roden, G.M. Burnell, M.P. Hensey, T. McMahon, B. Ottway & T.H. Ryan 1984. Food Resource, gametogenesis and growth of Mytilus edulis on the shore and in suspended culture: Killary Harbour, Ireland. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 64: 513-529.
- Scholten, M., T. Bowmer, H. v.h. Groenewoud, G. v. Morsel, P. de Wilde, C. Brouwer & N. Dankers 1987. Effects of a light crude and of two selected oil combat methods in experimental tidal flat ecosystems. Final report oil pollution experiments (OPEX 1986). TNO-report R87/348, TNO Delft.
- Smaal, A.C., J.H.G. Verhagen, J. Coosen & H.A. Haas 1986. Interaction between seston quantity and quality and benthic suspension feeders in the Oosterschelde, The Netherlands. Ophelia 26: 385-399.
- Smit, C.J. 1980. Production of biomass by invertebrates and consumption by birds in the Dutch Wadden Sea. In: C.J. Smit & W.J. Wolff (eds.), Birds of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam: 290-301.
- Straaten, L.M.J.U. van 1965. De bodem der Waddenzee. Het Waddenboek, Thieme, Zutphen.
- Swennen, C. 1976. Populatiestructuur en voedsel van de eiderend Somateria m. mollissima in de Nederlandse Waddenzee. Ardea 64: 311-371.
- Tenore, K.R., L.F. Boyer, R.M. Cal, J. Corral, C. Garcia-Fernandez, N. Gonzalez, E. Gonzalez-Gurriaran, R.B. Hanson, J. Iglesias, M. Krom, E. Lopez-Jamar, J. McClain, M.M. Pamatmat, A. Perez, D.C. Rhoads, G.

- de Santiago, J. Tietjen, J. Westrich & H.L. Windom 1982. Coastal upwelling in the Rias Bayas, NW-Spain: Contrasting the benthic regimes of the Rios de Arosa and de Muros. *J. Mar. Res.* 40: 701-772.
- Veer, H.W. van der, M.J.N. Bergman & J.J. Beukema 1985. Dredging activities in the Dutch Wadden Sea: Effects on macrobenthic infauna. *Neth. J. Sea Res.* 19: 183-190.
- Veer, H.W. van der, W. van Raaphorst & M.J.N. Bergman 1988. Eutrophication of the Dutch Wadden Sea; External nutrient loadings of the Marsdiep and Vliestroom basins. EMOWAD II NIOZ-rapport 1988-11: 113-122.
- Verhagen, J. 1983. A distribution and population model of mussels (*Mytilus edulis*) in Lake Grevelingen. In: W.K. Lauenroth, G.V. Skogerbol & M. Flug (eds.). *Analysis of ecological systems: state of the art in ecological modelling*. Elsevier: 373-383.
- Verwey, J. 1952. On the ecology and distribution of cockle and mussel in the Dutch Waddenzee. Their role in sedimentation and the source of their food supply. With a short review of the feeding behaviour of bivalve molluscs. *Arch. Néerl. Zool.* 10: 171-239.
- Vries, I. de & C.F. Hopstaken 1984. Nutrient cycling and ecosystem behaviour in a salt-marsh lake. *Neth. J. Sea Res.* 18: 221-245.
- Wensink, J. & B. Reitsma 1988. Inventarisatie van droogvallende mosselbanken in de Waddenzee. Stageverslag RHLS, Vakgroep Milieukunde, Groningen. RIN Texel. Intern rapport.
- Wilde de, P.A.W.J. & J.J. Beukema 1984. The role of zoobenthos in the consumption of organic matter in the Dutch Wadden Sea. *Neth. Inst. Sea Res., Publ. Ser.* 10: 145-158.
- Wit, J.A.W. de, F.M. Schotel & L.E.J. Bekkers 1982. De waterkwaliteit van de Waddenzee 1971-1981. Rijkswaterstaat; Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater. Hoofdafdeling Oppervlaktewater Lelystad. Nota 82065: 1-67.
- Zimmermann, J.T.F. 1976. Mixing and flushing of tidal embayments in the western Dutch Wadden Sea. Part I. Distribution of salinity and calculation of mixing timescales. *Neth. J. Sea Res.* 10: 149-191.
- Zuidema, D. 1988. De rol van de mossel (*Mytilus edulis*) in het ecosysteem van de westelijke Waddenzee. NIOZ, Texel. Intern rapport.

De volgende RIN-rapporten kunnen besteld worden door overschrijving van het verschuldigde bedrag op giro 516 06 48 van het RIN te Leersum onder vermelding van het rapportnummer. Uw giro-overschrijving geldt als bestelformulier; toezending geschiedt franco. Gebruik geen verzamelgiro omdat het adres van de besteller niet op onze giro-bijbeschrijving wordt vermeld zodat het bestelde niet kan worden toegezonden.

- 86/7 M. Nooren, Inventarisatie van de houtwallen in het nationale park de Hoge Veluwe. 49 p. f 8,-
- 86/9 K. Stoker, De verspreiding van de rode bosmieren op de Hoge Veluwe. 110 p. f 15,60
- 86/21 G.P. Gonggrijp (red.), Gea-objecten van Limburg. 287 p. f 34,-
- 87/1 W.O. van der Knaap & H.F. van Dobben, Veranderingen in de epifytenflora van Rijnmond sinds 1972. 36 p. f 6,-
- 87/2 A. van Winden et al., Ruimtelijke relaties via vogels in het Strijper-Aa-gebied gedurende broedtijd en zomer. 97 p. f 14,50
- 87/4 H. Koop, Het RIN-bosecologisch informatiesysteem; achtergronden en methoden. 47 p. f 7,50
- 87/6 G.F. Willemsen, Bijzondere plantesoorten in het nationale park de Hoge Veluwe; voorkomen en veranderingen. 92 p. f 13,50
- 87/8 G. Groot Bruinderink, D.Kloeg & J.Wolkers, Het beheer van de wilde zwijnen in het Meinweggebied (Limburg). 96 p. f 14,50
- 87/9 K.S. Dijkema, Selection of salt-marsh sites for the European network of biogenetic reserves. 30 p. f 5,50
- 87/14 N. Dankers, K.S. Dijkema, G. Londo & P.A. Slim, De ecologische effecten van bodemdaling op Ameland. 90 p. f 13,50
- 87/15 F. Fahner & J. Wiertz, Handleiding bij het WAFLO-model. 99 p. f 14,50
- 87/16 J. Wiertz, Modelvorming bij de projecten van WAFLO en SWNBL. 34 p. f 6,-
- 87/17 W.H. Diemont & J.T. de Smidt (eds.), Heathland management in The Netherlands. 110 p. f 15,50
- 87/18 Effecten van de kokkelvisserij in de Waddenzee. 23 p. f 3,75
- 87/19 H. van Dam, Monitoring of chemistry, macrophytes, and diatoms in acidifying moorland pools. 113 p. f 16,-
- 87/20 R. Torenbeek, P.F.M. Verdonschot & L.W.G. Higler, Biologische gevolgen van vergroting van waterinlaat in de provincie Drenthe. 178 p. f 23,-
- 87/22 B. van Dessel, Te verwachten ecologische effecten van pekellozing in het Eems-Dollardgebied. 71 p. f 10,-
- 87/23 W.D. Denneman & R. Torenbeek, Nitraatmissie en Nederlandse ecosystemen: een globale risico-analyse. 164 p. f 21,-
- 87/24 M. Buil, Begrazing van heidevegetaties door edelhert en moeflon; een literatuurstudie. 31 p. f 5,60
- 87/25 M. Post, Toelichting op de vegetatiekaart (1981) van het nationale park de Hoge Veluwe. 49 p. f 7,50
- 87/26 H.A.T.M. van Wezel, Heidefauna in het nationale park de Hoge Veluwe. 54 p. f 8,-
- 87/28 G.M. Dirkse, De natuur van het Nederlandse bos. 217 p. f 27,50
- 87/29 H. Siepel et al., Beheer van graslanden in relatie tot de ongewervelde fauna: ontwikkeling van een monitorsysteem. 127 p. f 17,95
- 88/30 P.F.M. Verdonschot & R. Torenbeek, Lettercodering van de Nederlandse aquatische macrofauna voor mathematische verwerking. 75 p. f 10,-
- 88/31 P.F.M. Verdonschot, G. Schmidt, P.H.J. van Leeuwen & J.A. Schot, Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkswenen. 109 p. f 15,50
- 88/33 H. Eijsackers, C.F. van de Bund, P. Doelman & Wei-chun Ma, Fluctuerende aantallen en activiteiten van bodemorganismen. 85 p. f 13,-
- 88/34 Toke de Wit, De effecten van ozon op natuurlijke ecosystemen; een literatuuronderzoek. 27 p. f 5,20

- 88/35 A.J. de Bakker & H.F. van Dobben, Effecten van ammoniakemissie op epifytische korstmossen; een correlatief onderzoek in de Peel. 48 p. f 7,50
- 88/36 B. van Dessel, Ecologische inventarisatie van het IJsselmeer. 82 p. f 12,75
- 88/37 A. Schotman, Tussen bos en houtwal; broedvogels in een Twents cultuurlandschap. 87 p. f 13,25
- 88/38 P. Opdam & H. van den Bijtel, Vogelgemeenschappen van het landgoed Noordhout. 65 p. f 9,-
- 88/39 P. Doelman, H. Loonen & A. Vos, Ecotoxicologisch onderzoek in met Endosulfan verontreinigde grond: toxiciteit en sanering. 34 p. f 6,-
- 88/40 G.P. Gonggrijp, Voorstel voor de afwerking van de groeve Belvédère als archeologisch-geologisch element. 13 p. f 3,-
- 88/41 J.L. Mulder (red.), De vos in het Noordhollands Duinreservaat. Deel 1: Organisatie en samenvatting. 32 p.
- 88/42 J.L. Mulder, idem. Deel 2: Het voedsel van de vos. 78 p.
- 88/43 J.L. Mulder, idem. Deel 3: De vossenpopulatie. 129 p.
- 88/44 J.L. Mulder, idem. Deel 4: De fazantenpopulatie. 59 p.
- 88/45 J.L. Mulder & A.H.Swaan, idem. Deel 5: De wulpenpopulatie. 76 p.
- De rapporten 41-45 worden niet los verkocht maar als serie van vijf voor f 25.
- 88/46 J.E. Winkelman, Methodologische aspecten vogelonderzoek SEP-proefwindcentrale Oosterbierum (Fr.). Deel 1. 145 p. f 20,-
- 88/47 T.A. Renssen, De herintroductie van de raaf (*Corvus corax*) in Nederland: een overzicht. 30 p. f 5,50
- 88/48 J.J. Smit, Het Eemland en de polder Arkemheen rond het begin van de twintigste eeuw. 64 p. f 9,-
- 88/49 G.W. Gerritsen, M. den Boer & F.J.J. Niewold, Voedselecologie van de vos in Nederland. 96 p. f 14,25
- 88/50 G.P. Gonggrijp, Permanente geologische ontsluitingen in de taluds van Rijksweg A 1 bij Oldenzaal. 18 p. f 3,50
- 88/51 P. Spaak, Een modelmatige benadering van de effecten van graslandbeheer op het populatieverloop van weidevogels. 42 p. f 7,50
- 88/52 H. Sierdsema, Broedvogels en landschapsstructuur in een houtwallandschap bij Steenwijk. 112 p. f 16,-
- 88/53 L.W.G. Higler & F.F. Repko, Analyse van de macrofauna van de Hierdense Beek. 97 p. f 14,25
- 88/54 H.W. de Nie & A.E. Jansen, De achteruitgang van de oevervegetatie van het Tjeukemeer tussen Oosterzee (Buren) en Echten. 18 p. f 4,50
- 88/55 R. Torenbeek, Hydrobiologie en waterhuishouding: een beleidsvoorbereidende studie. 148 p. f 20,50
- 88/56 P.A.J. Frigge & C.M. van Kessel, Adder en zandhagedis op de Hoge Veluwe: biotopen en beheer. 16 p. f 3,50
- 88/57 A.J. de Bakker, Monitoring van epifytische korstmossen in Nederland in 1987. 35 p. f 6,-
- 88/59 F.J.J. Niewold & H. Nijland, De Sallandse Heuvelrug als reservaat voor het Westeuropese heidekorhoen. 102 p. f 14,50
- 88/62 K. Romeyn, Estuariene nematoden en organische verontreiniging in de Dollard. 23 p. f 5,-
- 88/63 S.E. van Wieren & J.J. Borgesius, Evaluatie van bosbegrazingsobjecten in Nederland. 133 p. f 19,-
- 88/64 G.P. Gonggrijp (red.), Gea-objecten van Gelderland. 342 p. f 40,-
- 88/66 K.S. Dijkema et al., Effecten van rijzendammen op opslibbing en omvang van de vegetatiezones in de Friese en Groninger landaanwinningsswerken. Rapport in samenwerking met RWS Directie Groningen en RIJP Lelystad. 130 p. f 18,50

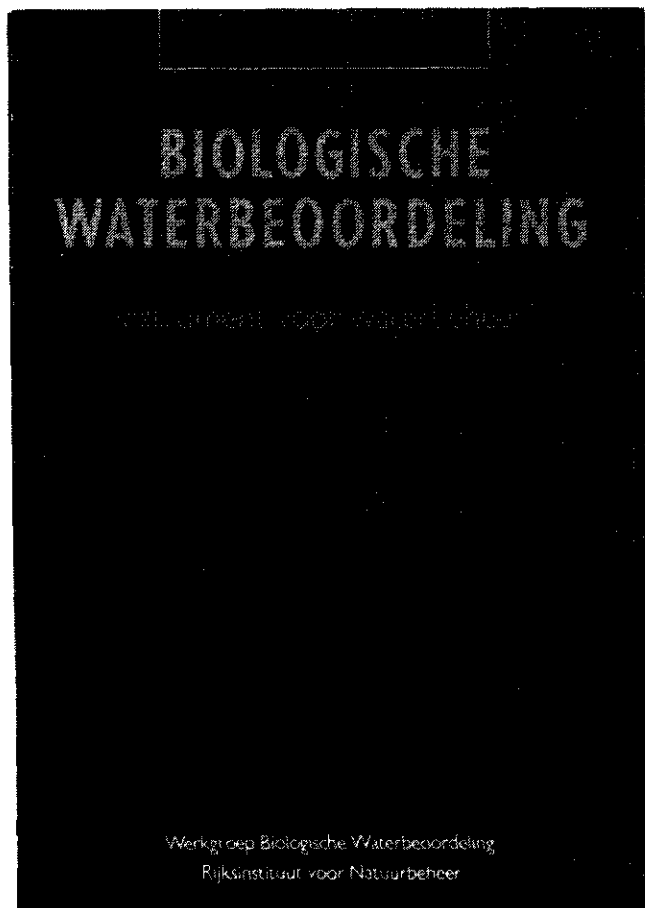
- 88/67 G. Schmidt & J.C.M. van Haren, Achtergronden van een steekmuggenplaag; steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkswen 2. 162 p. f 20,50
- 88/68 R. Noordhuis, Maatregelen ter voorkoming en beperking van schade door zilvermeeuwen. 48 p. f 7,50
- 89/1 E.J. van Kootwijk, Inventarisatie van de vergrassing van de Nederlandse heide. 49 p. f 7,50
- 89/2 E.J. van Kootwijk & H. van der Voet, De kartering van heidevergrassing met behulp van Landsat Thematic Mapper satellietbeelden. 86 p. f 13,-
- 89/3 F. Maaskamp, H. Siepel & W.K.R.E. van Wingerden, Een monitoring experiment met ongewervelde dieren in graslanden op zandgrond. 44 p. f 13,50
- 89/4 R. Noordhuis, De relatie tussen zilvermeeuwen op vuilstortplaatsen en de schade op mosselpercelen en in weidevogelgebieden in Zuidwest-Nederland. 108 p. f 15,50
- 89/5 R.J. Bijlsma, Remote sensing voor classificatie van de vegetatie en schatting van de biomassa op ganzenpleisterplaatsen in het waddengebied. 62 p. f 8,50
- 89/7 R. Ketner-Oostra, Lichenen en mossen in de duinen van Terschelling. 157 p. f 20,50
- 89/8 A.L.J. Wijnhoven, Effecten van aanleg, beheer en gebruik van golfbanen en mogelijkheden voor natuurtechnische milieubouw. 19 p. f 4,50
- 89/9 N. Dankers, K. Koelemaij & J. Zegers, De rol van de mossel en de mosselcultuur in het ecosysteem van de Waddenzee. 66 p. f 9,-
- 89/10 P.G.A. ten Den, Patrijzen op en rond De Hoge Veluwe. 40 p. f 6,50
- 89/11 C.J. Smit & G.J.M. Visser, Verstoring van vogels door vliegverkeer, met name door ultra-lichte vliegtuigen. 12 p. f 3,50
- 89/12 R. van Halewijn, Bescherming van zeevogels op het Lago-rif, Aruba, in 1988. 73 p. f 10,-
- 89/13 K. Lankester, Effecten van habitatversnippering voor de das (*Meles meles*); een modelbenadering. 101 p. f 14,50
- 89/14 A.J. de Bakker, Monitoring van epifytische korstmossen in 1988. 59 p. f 8,50
- 89/15 J.E. Winkelman, Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvarings-slachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. 169 p. f 21,50
- 89/16 J.J.M. Berdowski et al., Effecten van rookgas op wilde planten. 108 p. f 15,50
- 89/17 E.C. Gleichman-Verheijen & W. Ma, Consequenties van verontreiniging van de (water)bodem voor natuurwaarden in de Biesbosch. 91 p. f 13,50
- 89/18 A. Farjon & J. Wiertz, Milieu- en vegetatieveranderingen in het schraalland van Koolmansdijk (gemeente Lichtenvoorde); 1952-1988. 134 p. f 18,-
- 89/19 P.G.A. ten Den, Achtergronden en oorzaken van de recente aantalsontwikkeling van de fazant in Nederland. 168 p. f 21,50
- 89/20 J.C.M. van Haren, Chironomiden-exuviae als indicatoren van waterkwaliteitsveranderingen in de Loosdrechtse Plassen over de periode 1984-1988. 28 p. f 5,-
- 90/2 J.E. Winkelman, Vogelslachtoffers in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwfase en half-operationele situaties (1986-1989). 74 p. f 10,-
- 90/5 G.M. Dirkse & P.A. Slim, Naar een methode voor het monitoren van vegetatieontwikkeling in het waddengebied. 40 p. f 6,50



Ecologie van kleine landschapselementen

Kleine landschapselementen vormen voor veel soorten planten en dieren van het cultuurlandschap biotoop en ecologische infrastructuur. In 1986 wijdde het RIN een studiedag aan dit thema. In het verslag hiervan werd een overzicht gegeven van de stand van het onderzoek en er is ruime aandacht besteed aan praktijkproblemen van de landinrichting.

88 pagina's, geïllustreerd
prijs f 20,-
bestelcode: KLE



Biologische waterbeoordeling: instrument voor waterbeheer?

De Werkgroep Biologische Waterbeoordeling organiseerde in 1987 in samenwerking met het RIN een symposium waarvan de bijdragen gebundeld zijn in dit boek.

"De werkgroep heeft een rijk en plezierig geïllustreerd kader uitputtend op poten gezet. Laten we voortaan spreken van de blauwe gids en wie hem onverhoopt nog niet heeft: aanschaffen!"

Jaap Dorgelo in Hydrobiological Bulletin 22,2: 209.

184 pagina's
prijs f 35,-
bestelcode: BW

Beide boeken zijn te bestellen door overschrijving van het verschuldigde bedrag op giro 516 06 48 van het RIN te Leersum onder vermelding van de bestelcode. Uw giro-overschrijving geldt als bestelformulier; toezending geschiedt franco.

